貨車の技術発達系統化調査

A Systematic Survey of Technological Development of Wagons

荒井　貞夫 *Sadao Arai*

■ 要旨

日本の鉄道による貨物輸送は明治 6 年（1873）9 月に開始された。それは新橋～横浜間に最初の鉄道が 28.8km 開通した 1 年後のことであった。貨物輸送に使われた機関車 4 両も貨車 75 両も、イギリスから輸入したものである。明治初期の貨車は 5 ～ 6 トン積の小型のもので、速度も 40 ～ 50km/h と遅かった。大正時代には 10 トン積から 15 トン積が実現し、ブレーキは真空ブレーキから自動空気ブレーキが導入されるようになった。連結器もそれまでの小型のネジリンク式から、強固な自動連結器に取り替えられた。戦後、昭和 20（1945）年代が終わるころには、２軸車の速度は 65km/h から 75km/h に向上した。昭和 30（1955）年代に入ると荷役の合理化に適した物資別適合貨車が開発され、ボギー車の荷重は 30 ～ 35 トン積に、速度も 85km/h ～ 95km/h に向上した。今日の主役であるコンテナ輸送の時代になると 40 ～ 48 トン積に大型化され、速度は 110km/h に向上した。

貨車は速度を上げれば横揺れや蛇行動が発生し脱線する危険がある。車両の大きさや総重量、重心高さなどの制限がある中で、荷重を増やすには車体を軽量化しなければならない。貨車の大型化・高速化を実現したのは、鉄道は経験工学・安全工学の積み重ねといわれる中で、車体の軽量化のみならず走り装置やブレーキ装置、連結器装置など貨車を構成する基本装置技術の改良、開発が積み重ねられていったからである。

鉄道創業の翌年から今日まで、貨物輸送 135 年間の貨車技術発達の本質は何であったかを追及していくと、それは車両限界・軸重・車両総重量・重心高さ制限などの設計条件の範囲内で、1 トンでも多くの貨物を運ぶための荷重の増加、効率的な荷役に適した車両構造や速度向上であり、そして何よりも優先されるのは、安全走行性能の確保であったと言える。本稿は近代日本が歩んだ歴史を縦糸に、近代日本の先駆けとなった鉄道輸送の歴史をたどりながら、その中の貨物輸送・貨車の技術発達を取り上げたものである。

鉄道は、一時は斜陽産業といわれ、中でも貨物輸送は国鉄赤字の元凶と責められた。しかし、近年、トラックから貨車による貨物輸送への転換は、二酸化炭素削減・地球環境保護対策の重要な解決策の一つとして見直されつつあり、貨車の重要性が評価されている。

1 トンの貨物を 1km 輸送する際に排出される二酸化炭素は、トラックで 153 グラム、内航海運で 38 グラム、それが鉄道では 21 グラムで、鉄道はトラックの 7 分の 1 という低さである。これが今日、鉄道が環境に適した輸送機関であると評価されつつある所以である。

新幹線電車やブルートレインなどいつも脚光を浴びている華やかなものは、多くの写真集、解説書や雑誌でとりあげられているが、地味な貨車について調査・研究した報告は少ない。多くの貨物列車は夜中や早朝に客電車のダイヤの間をぬって走っている。地味であるが私たちの暮らしや多くの産業を支える貨車は、旅客車と同じように重要な存在である。
本調査では貨車について次のテーマに焦点を当てて調査・研究した。

＊　日本の鉄道による貨物輸送の始まりと貨車構造発達の歴史調査
＊　日本の高度経済成長や重厚長大産業の発展を裏方で支えて活躍してきた貨車がどのように大型化され・速度向上を可能にしたのか
＊　走り装置やブレーキ装置、連結器装置など貨車を構成する基本装置がどのように進化したのか
＊　ライバルメーカーとの技術競争、価格競争の結果生まれたフレームレス大型石油タンク車、マイナス 162℃の LNG タンク車、48 個の車輪で支える 240 トン積大物車や鉄道車両業界が一丸となって開発した LP ガスタンク車などの私有貨車がいかにして開発されたのか
＊　21 世紀に入って新幹線電車輸出を成し遂げた蔭には、多くの鉄道車両輸出や、現地国産化協力など海外市場開拓の足がかりとなった貨車の技術があった。貨車の輸出はどのようにして成功したのか

最後にそれらの調査結果を織り込んで貨車技術発達を系統化した。後世に残すべき登録作業では現存する価値ある貨車を候補資料に選定した。巻末には主要な貨車の開発系統図、貨車・貨物輸送 135 年の歴史などを付した。

■ Abstract

Railway freight transportation service in Japan was inaugurated in September 1873. It was just one year after the opening of passenger service on the 28.8 km route between Shimbashi station in Tokyo and Yokohama station. Four sets of steam locomotives and 75 freight wagons were imported from the United Kingdom. The loading capacity of the two-axle wagons was 5 to 6 tons and the running speed was only 40~50 km/h. Around 1914, loading capacity was increased to 10~15 tons.

An automatic air brake system for wagons instead of a vacuum brake system was introduced from 1919 to 1933. On 14 July 1925, the coupling devices of more than 60,000 wagons were changed from screw-buffer type to automatic coupler within just one day. After the Second World War, the running speed of two-axle wagons was increased from 65 km/h to 75 km/h by the adoption of a double-link suspension device in 1952. In the beginning of the 1960s, Japan′s economy had annual growth rates of more than 10% and transport demand also grew very rapidly. Many purpose-built wagons were introduced and the loading capacity of bogie wagons was increased to 30~35 tons and the operation speed of freight trains were raised to 85~95 km/h. As for container transport, which has become a mainstream type of rail freight service, loading capacity of the wagons increased to 40~48 tons and operation speed rose to 110 km/h.

When the running speed of a freight train exceeds 65 km/h, it may be at risk for derailment because of the increase of rolling and hunting（a twisting side to side movement）. To increase loading capacity, it is essential to reduce the tare weight of the car body, but there were many restricting design factors such as car body dimension, gross weight, and height of the center of gravity, which needed to be taken into consideration in design the wagons. Increased knowledge about empirical and safety engineering led to large car bodies and faster speeds of the wagons. The new technology enabled not only the development of light-weight car bodies but also of running gear, bogies, brake systems and coupling devices.

The key problem that spurred on technical development of wagons in the 136 years since the start of the railway industry in Japan have been demands for increased pay loads, higher running speeds, and the development of optimum car body design. Fulfilling these demands has meant coping with limiting conditions like loading gauge, axle load, gross weight, and center of gravity, all while keeping wagons running safety.

This report describes the history of the technological development of wagons and freight transportation that led to the industrialization of Japan in the context of Japan′s history since the Meiji era.

It is said that railway transportation was a declining industry in the 1970s and that freight service caused the Japanese National Railways to operate at a deficit. However, recent years have seen a strong trend toward revaluating the use of railways with the aim of decreasing carbon dioxide emission. Train transport is considered a global environmental solution because the change from truck service to railway service is one of very important way to reduce carbon dioxides（CO_2）emissions. Freight service and wagons are recognized and evaluated highly as a possible environmental solution. For instance, to transportation one ton of cargo for one km, the CO_2 emission is 153 grams by truck or 38 grams by coastal ship; however, it is only 21 grams by railway. Railway transportation has a very low volume CO_2 emission. It creates only 1/7 the emissions of truck transport, which is why the railway is evaluated as the best mode of transportation for protecting the environment.

There are various books, literature and magazines spotlighting Shinkansen high speed trains, the “Blue Train” sleeping car express, and commuter trains. However, freight wagons get very little such attention. Most of freight trains and wagons operate in the middle of the night or early in the morning so as not to disturb for passenger trains. However, they are indispensable for our daily life and industries in Japan.

This survey research focuses on the following main points about wagons:

- The history of freight transportation and technological development of wagon construction in Japan
- The increase of both the loading capacity and operating speed of wagons during periods of fast growth of the economy and of heavy industry in Japan
- The development and progress of key elements of freight wagons, such as running gear, bogies, brake equipment, and coupling devices
- The development of privately owned wagons, such as large oil tank wagons, LNG tank wagons for transport of LNG at minus 162 ℃, and huge 48-wheelded, 240 ton payload wagon with severe price and technical competition between rolling stock manufactures. At the same time, the development of LP gas tank wagons which were made with collaboration among all rolling stock manufacturers
- The success of recent exports of high-speed trains to Taiwan, China, and the United Kingdom achieved based on wagon export experience and technical collaboration on domestic production of wagons in foreign countries from the late 1950s to the 1980s.

The appendix presents diagrams showing the history of technological developments of the major wagons types along with speed, loading capacity and key components.

■ Profile

荒井　貞夫 *Sadao Arai*

国立科学博物館・産業技術史資料情報センター・主任調査委員

昭和33年３月	栃木県立足利工業高等学校機械科卒業
昭和33年４月	日本車輛製造株式会社入社 貨車設計・電車車体設計に従事
昭和43年４月	海外技術援助契約・鉄道車両国産化協力担当
昭和63年２月	インドネシア・ジャカルタ事務所長
平成３年６月	海外部（韓国・台湾・インドネシア・アフリカ担当）
平成11年３月	インドネシア合弁会社・REKA社副社長就任
平成12年３月	日本車輛退社・（株）日車エンジニアリング入社
平成19年５月	REKA社副社長退任
平成19年７月	インドネシアより帰任・REKA社顧問就任
平成20年３月	（株）日車エンジニアリング退社
平成20年４月	国立科学博物館・産業技術史資料情報センター・主任調査委員 日本鉄道技術協会会員・日本交通技術（株）嘱託

■ Contents

1 はじめに

わが国で鉄道が開通したのは欧米に遅れること約40年である。イギリスでは1825年に石炭輸送鉄道(ストックトン～ダーリントン鉄道44.3km) が開業し、そして1830年9月15日、世界最初の本格的な旅客鉄道であるリバプール～マンチェスター鉄道が開業した。ベルギーでは1835年にブラッセルとマリンーズの間に、続いてドイツのニュールンベルグとファース間に鉄道が開通した。フランス最初の本格的な蒸気鉄道は1837年に開通したパリとサンジェルマン間の鉄道である。アメリカの最初の鉄道は1830年に東海岸のボルチモアとエリエッツの間に開通した（バルチモア～オハイオ鉄道21km)。次いで1831年にサウスカロライナ鉄道が開業した。(アメリカ大陸横断鉄道が完成したのは1869年である)。こうしてイギリスに誕生した鉄道は産業革命の進展ともあいまって急速に広がっていった。

では、わが国はどうであったか。誰が幕末から明治に移った短期間の内にこの鉄道建設を推進し完成させたのか。

図1.1井上　勝（1843～1910）
―東京駅丸の内中央口に銅像がある

日本の鉄道建設・発展に貢献した人物はたくさんいる。新橋～横浜間の路線短縮の埋め立て工事を指揮した高島嘉右衛門、鉄道建設を推進した大隈重信・伊藤博文、初代技師長エドモンド・モレル（Edmund Morel)、そして井上勝（1843～1910）である。東京駅丸の内中央口の広場に「鉄道の父」として敬愛される井上勝の銅像が今も鉄道を見続けるかのように建っている。井上は明治維新の4年前(1863年)21歳の時、伊藤博文らとともにイギリスに密航し、ロンドン大学で土木・鉄道技術などを学び、明治元年（1867）に帰国した。帰国後は明治政府に出仕し、初代鉄道頭となって、同5年（1872）わが国初の鉄道を完成、近代日本の先駆けとした。その後も多くの業績を残した。[1,2,3]

明治5年（1872）6月12日品川～横浜間を仮開業、7月に新橋～品川間の工事が完成し、同年10月14日（太陰暦9月12日）に明治天皇御臨幸の元に盛大な開業式が行われた。新橋～横浜間の営業は翌15日からで、1日9往復の旅客列車を運転、途中駅として品川、川崎、鶴見、神奈川の4駅を設けた。貨物列車の運転はほぼ1年後の明治6年(1873)9月15日からである。新橋～横浜間に1日定期・不定期合わせて2往復運転し、1列車の連結両数は有蓋車7両、無蓋車8両の15両程度であった。[4]

英国から輸入された5トン積みの短い貨車75両を使ってスタートしたわが国の貨物輸送は、戦後の高度経済成長期には16万両を数えた。しかし、今日ではその1割もない。その背景としては高速道路の建設とトラック輸送の増大や、JR貨物になる直前に断行した非効率なヤード系終結輸送を全廃し、拠点間直行輸送へ転換したことにより、大量の貨車が不要になったこと、高速コンテナ化などの要因が考えられる。

鉄道という安全第一、且つ、軸重や車両限界などのいろいろな制限、設計条件、法規制がある中で、当時としては斬新な技術を盛り込んだ貨車が開発されてきた。経験工学的安全優先が原則の下で開発された画期的な貨車も、長い間にその役割を終えて次世代の車両に交換されていった。先人が鉄道車両構造基準の枠内で、新しく生まれた金属材料を使い、制限いっぱいの性能を競い、限界を追い求めて生まれた貨車の技術を記録しておくことが本稿の目的である。

第２章では貨物列車はいつも旅客電車に追い抜かれながらもその影にあって力強く活躍する貨車とは何かを、わが国が高度経済成長と重厚長大産業がめざましく発展していた昭和35年～50年前後（1960～1975）にスポットを当て、そこに登場した貨車にはどんなものがあり､どのように利用されていたのか採り上げる。次に明治時代から平成の今日までの各時代の動きとそのときの貨物輸送･貨車にはどのようなものがあって、それは時代とともにどのように発達してきたのかを第３章で述べる｡第４章では代表的な貨車である有蓋車、無蓋車そして現在もっとも活躍しているコンテナ車の技術発達を記述する。第５章では貨車の重要な装置であるブレーキ装置、走り装置、連結器装置などについて、その開発の歴史と最新の技術を述べる。第6章で

は昭和30年代（1955年代）以降、日本の産業の柱であった重厚長大産業を裏方で支えてきた多数の独特の性能を有する私有貨車についてその構造、画期的な技術開発について述べる。その中ではマイナス162℃で輸送するLNGタンク車や48個の車輪で支える240トン積大物車の設計要領にも触れる。第7章では貨車の技術がベースになって行われた海外への技術協力や海外での鉄道車両国産化協力について記述する。第8章では「系統化と今後の課題」として貨車技術開発の系譜を開発系統図で表示する。また、貨車を製作する車両メーカーが11社あった時代から日本車輌・川崎重工の2社のみとなってしまった今後の貨車技術開発の課題を採り上げる。

引用文献：

1. 「鉄道の語る日本の近代」原田勝正　㈱そしえて・昭和50年発行　P51
2. 「貨物鉄道百三十年史」・日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　上巻P220
   同「貨物鉄道を育てた主な人々」P付３
3. 「日本国有鉄道百年史」　日本国有鉄道編集・昭和48年発行　第1巻P30
4. 「写真で見る貨物鉄道百三十年」・日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　P15

2 貨車一般

2.1 貨車とは

各時代の社会の動きと貨車技術の変遷について記述する前に、「貨車」という技術の成り立ちについて述べる。貨物を運ぶ鉄道車両が貨車であることは言うまでもないが、わが国では木造の５～６トン積み 2 軸車から始まって、鋼製の 10 トン、15 トン、17 トン積み 2 軸車へと容量も大きくなり、ボギー形式の貨車も生まれて、昭和 48 年（1973）には 3 軸ボギーの 64 トン積みタンク車も開発された。

貨車の走り装置には、2 軸車、3 軸車、2 軸ボギー台車、3 軸ボギー台車などがある。２軸ボギー（Bogie）とは、1 台車に車軸 2 本（車輪は 4 個）を取り付けた構造である。2 軸ボギー車とは、1 両の前後に 2 軸ボギー台車を配置した構造である。私たちが毎日お世話になっている電車はみな 2 軸ボギー車である。図 2.1 に貨車の車軸配置を、また代表的な貨車である２軸有蓋車の構造を図 2.2 に示す。

名　称	車　軸　配　置
2　軸	略号　2A
3　軸	3A
2 軸ボギー	2AB
3 軸ボギー	3AB

図 2.1　貨車の車軸配置 [1]
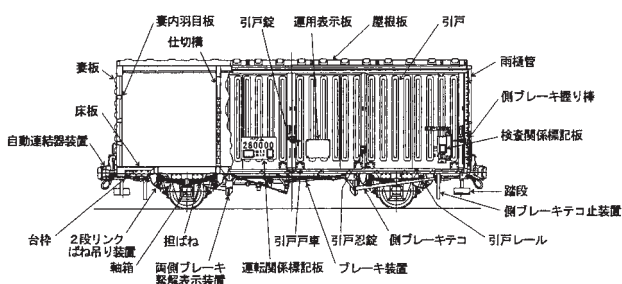
図 2.2　２軸有蓋車の構造 [2]

ここでは、貨車についての理解を得るために、わが国が高度経済成長と重厚長大産業がめざましく発展していた昭和 35 年―50 年（1960 ～ 1975）ごろの貨物輸送と貨車を見ていく。

欧米では標準軌（新幹線と同じ軌間が 1,435㎜）であり、軸重制限トン数が大きく、車両限界も大きいため、2 軸車では 25 ～ 30 トン積み、ボギー車では 75 ～ 100 トン積みのものが多い。わが国は新幹線や一部の私鉄を除いて、軌間は 1,067㎜で軸重も小さいので（1 軸あたり 13.5 ～ 15 トン）、2 軸ボギー車では 25 トン積みから 35 トン積みが一般的であった。その後、軽量化設計が開発され、40 トン積みのセメント車が現れた。

旅客車では老若男女の別とか、外国人旅客も考えに入れるとかの違いがある程度で、運ぶ対象は人であるが、貨車の場合は輸送対象となる貨物の種類が非常に多い。野菜・果物・米・麦・鮮魚類の農水産物、石炭・石油・石灰類の鉱産物、自動車、新聞用紙、製鉄所製品、化学薬品、セメントなどの工場生産品等々、日常生活に欠くことのできないものから、経済活動に関連したあらゆる物資にまたがった広範囲の輸送を受け持つ。

壊れやすい陶磁器のための専用車、腐敗しないように風通しをよくした構造の野菜専用車、生きた牛・豚・鶏のための専用車等々運ぶ物に適した構造の専用車が従来から作られていた。しかし、トラックによる道路輸送、内航船による海上輸送の急速な伸び、更には大型貨物船、特にコンテナ船の出現によって、鉄道による貨物輸送はそれらとのコスト競争に生き残らねばならず、そのために多くの種類の貨物に最適な貨車が開発されてきた。

同じ線路上を走る旅客車のスピードアップに歩調を合わせて、貨物列車の速度を上げて、運賃面でも競争力のある物資別適合貨車がいくつも誕生した。貨車の速度は 75、85、100 km/h の 3 段階に高められ、昭和 44 年（1969）には、旅客車並みに貨物列車の発着時刻を決めたフレートライナーと呼ばれる急行貨物列車が登場した。また、速度が 65 km/h と遅かった 2 軸貨車は 2 段リンク化工事（第 5 章 2 項参照）により速度向上を図り、75 km/h に向上した。しかし、昭和 50 年（1975）11 月、有名な 8 日間に及ぶスト権スト、更には大幅な運賃改定の影響で、鉄道離れが進んだ。昭和 53 年（1978）10 月、国鉄は競争力改善のために、高速貨物列車と直行貨物列車に再編成し、フレートライナーを廃止した（現在は時速 110 ～ 130km/h がある）。

わが国では輸送貨物の単位が比較的に小さいために、たとえば、昭和 30 年代～ 40 年代にかけては 10

トン積み、あるいは 15 トン積みの 2 軸貨車が多数を占めていたが、当時 2 軸車の脱線事故が跡を絶たなかった。貨車脱線が原因で 3 重事故となった昭和 38 年（1963）の鶴見事故を契機として、北海道狩勝峠の廃線を利用した大掛かりな実験が行われ、その結果が車両の設計・製作・保線等に反映され、種々の対策が急速に実施に移されたため、それ以来、脱線事故は大幅に減少した。

この当時の新型車両といわれた貨車にスポットを当ててみよう。

従来、米、麦などの穀物類は脱穀したものを俵詰めあるいは袋詰めとし、一個一個を人力によって有蓋車へ積み、卸ししていた。しかし、アメリカ、カナダ、南米、豪州など大規模農業国に見られるように、コンバインで刈り取ったものは片っ端から脱穀し、これを何万㎥の容量をもつサイロに蓄えて、サイロからパイプを通って空気圧で送られる穀物類をバラ積みで、精米所とか、製粉工場へ送ることが出来るようにホキ 2200 形式と呼ばれる 30 トン積 2 軸ボギーホッパー車が開発され、荷役の省力化に大いに貢献した。このホキ 2200 がベースになって、昭和 48 年 3 月（1973）に麒麟麦酒向けに 30 トン積麦芽ホッパー車が開発された。

またこの頃に、腐敗し易い魚介類の夏季輸送用として、大きな氷塊を車両に積み込んだ方式の従来の冷蔵車は、断熱性能の優れたグラスウールを、ステンレス製の内箱と車体外箱との間に入れて、外からの熱の進入を防ぐ方式に変わり、更には、冷凍機を車端に装備し、車内温度を零度以下に保つようにした冷凍車も生まれ、北海道と本州主要都市間の生鮮魚類の輸送に一役かった。この形式はレサ 10000 と呼ばれ、車体外部が銀白色に塗装してあった。

側引き戸を総開きにして、パレット積みの荷物の出し入れを便利にしたワム 80000 と呼ばれる有蓋車、雨に濡れては困る重量物の積み卸しを容易にするため屋根全体を開閉式としたもの、石油類タンク車、液化アンモニアタンク車、液化塩素タンク車などの化学品輸送タンク車、乗用車を 2 段積みにして運ぶ自動車専用車の開発などがあった。

トラック、トレーラー、セミトレーラー等を貨車に丸ごと積んで道路から鉄道へ、鉄道から道路への切り替え輸送を簡便にした特殊平貨車は米国が始まりだが、わが国では車両限界の枠が小さいため、トラックを丸積みにするためには床の高さを格段に低くする必要がある。したがって、車輪径を小さくしなければならない。そこで通常は 860㎜ の車輪直径に対して、350㎜ という小径車輪を持った特殊台車を開発した。

このように、ひとつの時代を取り上げてもいろいろな貨車がその時代の要求を満たしながら発達していったことがわかる。主要貨車の構造については第 4 章以降で記述する。

2.2 貨車の呼び名（形式略号）

貨車の種類は普通貨車と特殊貨車に分類できる。

普通貨車：有蓋車・無蓋車

特殊貨車：長物車・大物車・コンテナ車・タンク車・ホッパー車・石炭車など

貨車の技術発達系統を説明する上で、いろいろな貨車の呼び名（形式）が出てくるので、最初に呼び名を解説しておく。貨車はその構造や積荷などから独特の呼び名がついている。現在は使われていない貨車もある。貨車の呼称は形式・荷重トン数・構造や用途を表す車名を順に重ねたもので表示される。特殊な例では、［車掌室＋手ブレーキ＋車掌弁］を備えた貨車には「緩急車」の名称をつける。タンク車には積載物の品種に応じて「専用種別名」を付け加える。

呼び方の例：

ワム 80000 形式	15 トン積有蓋車
トラ 70000 形式	17 トン積無蓋車
チキ 3000 形式	35 トン積長物車
コキ 100 形式	40.5 トン積コンテナ車
タキ 43000 形式	43 トン積ガソリン専用タンク車
シキ 600 形式	240 トン積大物車
ホキ 5700 形式	40 トン積セメントホッパー車

貨車記号の由来・語源は次の通り：

表 2.1　貨車の記号

名　称	記号	語　源
有蓋車	ワ	Wagon(貨車)のワ
鉄側有蓋車	ス	Steelのス
鉄製有蓋車	テ	鉄製のテ
冷蔵車	レ	冷蔵のレ
タンク車	タ	Tankのタ
無蓋車	ト	Truck(英)のト
石炭車	セ	石炭のセ
長物車	チ	Timber(材木)のチ
大物車	シ	重量のシ
コンテナ車	コ	コンテナのコ

2.3 貨車の荷重記号：

2.2 項に主な貨車の呼称を記載してある。頭にワム、トキ、タキ、ホキなどの記号が出ている。最初の記号ワ（有蓋車）、ト（無蓋車）、タ（タンク車）、ホ（ホッパー車）は貨車の構造用途を示している。2 番目のカタカナ記号ム・ラ・サ・キは荷重を示している。

荷重記号は、昭和 3 年（1928）に国鉄が「車両称号規定」改定の際に、配車上の利便から導入されることになり、荷重別にム・ラ・サ・キと定めた。

ムは荷重が 14 ～ 16 トン、ラは荷重が 17 ～ 19 トン、サは荷重が 20 ～ 24 トン、キは荷重が 25 トン以上、無記号は 13 トン以下とした。では、何故ムラサキになったのか。「貨物鉄道 130 年史」には次のようなエピソードが語られている。

最初に「ム」を付した貨車は、大正 3（1924 年）に製作した 14 トン積ワム 19780 形式有蓋車であった。この貨車はそれまでの貨車より背が高く馬を積むのに便利であったため、識別のため当時馬運車の記号の「ム」を途中から付したのであった。大正 4 年に初めて登場した 15 トン積有蓋車には最初から「ム」がつけられワム 23000 形式になった（図 2.3 参照）。この「ム」記号は 15 トン積み貨車の代名詞として配車掛などが「ワム車」と称して便利に使うようになった。昭和 3 年（1928）の「車両称号規定」の改正の際、2 軸貨車にも荷重記号を正規に導入することになり、現場や配車掛が使い慣れていた「ム」を生かして種々検討した結果、使用している記号と重ならず、覚えやすく語呂のよい記号として「ムラサキ」を決定した。この「ムラサキ」を提案したのは運輸局配車課の山口外二であった。[3]

コンテナ車では形式番号で識別する方式（たとえば、45 トン以上 50 トン未満は 200 番台としている。これが「コキ 200 形式」である）を併用している…….
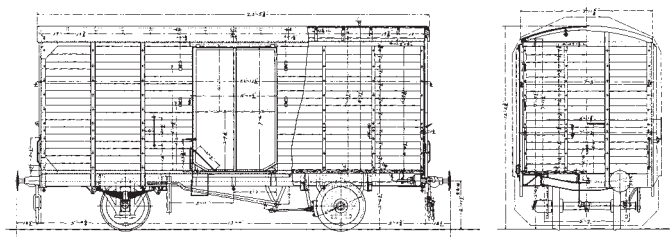
図 2.3　大正 3 年（1914）ワム 23000 形式
15 トン積有蓋車形式図（木羽目板）

2.4 車体断面の最大寸法（車両限界）と建築限界
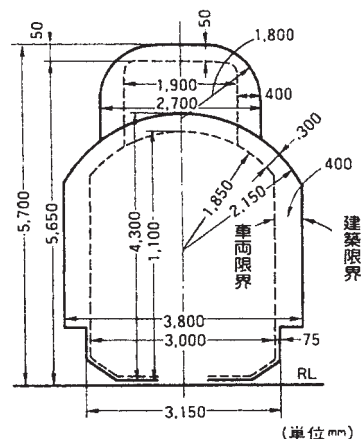
図 2.4　車両限界と建築限界 mm[4]

筆者が鉄道車両メーカーに入社して、技術部に配属されたときに渡された資料の第一は、鉄道車両の設計者が守らなければならない構造上の基準を定めた「設計便覧」だった。その中に車両限界図・建築限界図（図 2.4 及び図 2.5 参照）があった。鉄道を建設する場合に最初に決めなければならないのが車両限界と建築限界である。車両限界とは車両の高さと幅をこれより大きくしてはならないという限界で、鉄道会社によって異なるが、旧国鉄の場合は高さ 4,100mm、幅 3,000mm である。明治時代には、最大高さは 12ft9in(3,886mm)、最大幅は 9ft（2,743mm）であった。
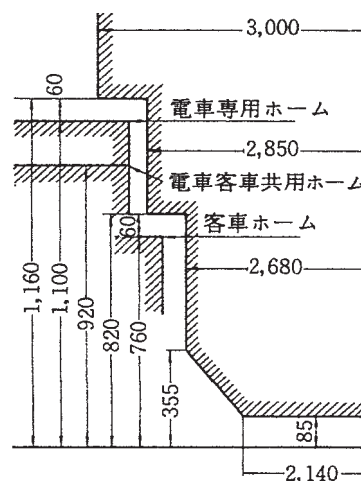
図 2.5　プラットフォームと車両限界 mm[5]

建築限界とは、トンネル、鉄橋の鉄骨・駅の建造物・電柱・架線など地上にある建築物はこの中に入ってはいけないという限界で、車両限界との間に幅方向で 400mm の余裕をもって設けられている。ただし、駅のプラットフォームだけは、乗客の乗り降りの安全を考慮して、特例として車両の側面に近接して建設する

ことが許されている。
　また、電化区間では架空電車線が高いところに張られるので、電化区間の建築限界は高さが5,700㎜までとってある。車両限界もパンタグラフに対しては5,650 mmとしてある。曲線上では、車両の中央部は内側に、両端は外側に張り出すので、曲線部の車両限界と建築限界は曲線半径に応じて拡大されている。その拡大量は次の計算式で表される。
　拡大量㎝＝22,500÷曲線半径m
　車体の張り出す量は車体の長さによって変わり、この計算式では車体長を18.6ｍとして算出されている。したがって、車体長18.6ｍ以下の車両ならば、車体幅は線路が直線状の限界いっぱい、すなわち3,000㎜までとることが出来るが、車体長がこれより長くなると、その分だけ車体幅を3,000㎜よりも更に狭くしておかなくてはならない。現在の通勤電車の車体幅は、車長20ｍの場合で、2,800㎜から2,850㎜である。尚、新幹線電車では車体長25ｍに対して、車体幅を3,400㎜まで取れる。但し、貨車は民営鉄道も通ることから、特認を除いて、一般貨車は幅が2,743㎜、高さは3,886㎜に制限されてきた。

引用文献：

1. 「鉄道小事典」 久保　敏監修・誠文堂新光社・昭和55年発行　P66
2. 「日本の貨車」 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行　P116
3. 「貨物鉄道百三十年史」下巻　日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　P402
4. 「鉄道車両ハンドブック」 久保田　博・グランプリ出版・1997年　P16
5. 「鉄道小事典」 久保　敏監修・誠文堂新光社・昭和55年発行　P51

3 明治から現代までの貨車の歩み

明治の初めにわが国の鉄道は、建設から開業まで115名の雇い外国人の指導の下に進められた。明治5年（1872年）開業時の車両はすべて輸入に頼った。貨車による輸送が開始されたのは鉄道開業の翌年だった。明治29年（1896）には既に民間による車両の国産化が始まった。また、第二次世界大戦の敗戦後の物資不足時代には、材料節約のために先人はどのような限界設計に挑んできたのだろうか。戦後の復興期、高度経済成長期を経て、わが国の鉄道車両産業は国内のみならず、海外へ輸出し、アフリカ、アジア、中南米などへたくさんの貨車が輸出された。今日では日立が英国へ、川崎重工、日本車輛、日立、東芝などの日本の企業連合が台湾や中国へ高速車両を輸出できるようになるまでに、わが国の鉄道車両産業は発展した。海外での鉄道車両の国産化にも協力したが、その始まりは貨車の国産化であった。平成20年（2008）にはわが国の車両メーカーがロシアへの近代的貨車工場建設協力契約を実現した。最初はすべて英国からの輸入に頼ったわが国で、自ら設計・開発した貨車技術が外国の鉄道車両生産や産業発展に貢献したのである。

3.1 鉄道創業の頃

鉄道建設・創業時代〜大正〜昭和初期にかけての鉄道事情・車両事情などに関しては『国有鉄道百年史』、『貨物鉄道百三十年史』、『驀進・日本車輌100年史』『川崎重工100年史』、『鉄道技術発達史（1958年版）』など多くの文献・社史に当時の様子が解説されているので、それらの資料を引用しながら、各時代の社会の動きと貨物輸送・貨車技術の変遷を記述する。

3.1.1 鉄道建設

明治維新から間もない明治2年（1869）にアメリカやイギリスの商人から、鉄道建設について明治政府に請願があった。彼らは利益を得ることが目的であったが、鉄道の必要性・将来性を鋭く説いていた。ときに明治政府はアメリカ横断鉄道の開通（1869年）とその役割を知るに及び、鉄道の必要性を痛感し、イギリス公使パークスの進言もあって、明治2年（1869）11月、殖産興業の基礎とする目的のもとに、鉄道建設を決定した。

パークスの紹介を得て、資金はイギリスからの借款に仰ぎ、建設資材・技術者もイギリスに一任したが、「経営管理はすべてわが国が行う」という主体的な条件の下に、まず東京—神戸間を結ぶ東海道線の建設が決定した。

沿岸部を走る鉄道は海上からの艦砲射撃を受けやすく、国防上不利とする軍事的な理由や、新しい交通機関に対する民心の動揺を理由とする大きな反対運動もあったが、ときの政府の中枢的官僚となりつつあった大隈重信・伊藤博文らが断固たる確信のもとにこれを実施した。そして明治5年（1872）に新橋—横浜間が、次いで同7年（1874）5月に大阪—神戸間が開通した。[1]

当時の様子は鉄道博物館にある錦絵で見ることが出来る。

図3.1 鉄道開業式典　明治天皇ご臨席（鉄道博物館）

この間、旅客の増大によって鉄道の効用が一般に認められ、更に西南戦争などにおける兵員・軍事品の輸送など軍事的な利用価値が認識されるに及び、鉄道建設は全面的な賛意をもって迎えられるに至った。

しかし、この鉄道建設を含め殖産興業を旗印に強気の政策を推進してきた明治政府は、明治10年代（1877年代）に入ると、急激に財政破綻の色を強め、行き詰まり始めてきた。

もともと明治政府は、内外における緊急の課題は、富国強兵・殖産興業であるとして、わが国に近代産業を移植し、育成することに努め、まず幕末にあった工場を没収あるいは譲受、または建設するなどして、兵器・造船・機械・製鉄・鉱山・繊維などの諸工業を自から経営していた（官営）。これらの官営事業のために既に巨額の費用を投じていたが、更に外国機械の買い入れ、多数の外国人技師・教師・熟練工の雇い入れ、技術習得のための外国への留学生の派遣、技術者養成のための学校の開設、博覧会、共進会の開催などに多大の努力を払い、加えて、民間事業に対する投資・貸付・奨励金の交付などの財政投融資を行った。群馬県の富

岡製糸場が開業したのも明治5年（1872）であった。

しかし、これら一連の政策とそれに伴う出費及び別途に廃藩置県から西南戦争に至る戦費が巨額に上ったため、明治10年代（1877年代）に入るやたちまち財政難に陥ることになったのである。明治2年（1869）に決定した官営東海道線は極度の財政難の中にあっても一貫して政府の手によって進められ、鉄道を殖産興業の基礎とするため、採算面は二の次とし、国家百年の計たる鉄道網の完成を目指し、ついに明治22年（1889）に東海道線（東京～神戸間605.7km）が全通するに至ったのである。[2]

3.1.2　英国から車両の輸入

江戸時代から明治に入って間もない頃に鉄道の建設が始まり、明治5年（1872）に開業した。その翌年に貨物輸送が始まった。そのとき使われたのは5～6トン積の2軸車だった。最初は有蓋車だけで貨物輸送を開始した。鉄道建設に使われた土砂車（後になって土運車と呼ばれた）やブレーキをかける車掌が乗った緩急車もあった。記録によると有蓋車、無蓋車、家畜車、魚車、材木車なども見られる。古い写真には車体の外部に『FISH VAN』（魚車）と白いペンキで表示してあった。

3.1.3　輸入車の貨車構造

車体は木製だった。台枠も木製だったが、やがて中梁は木製で、側梁が鋼製になった。走り装置は2軸車、バネは重ね板バネが使われた。ブレーキ装置は、緩急車はねじ式の手ブレーキが使われ、そのほかの車両には足踏み式の側ブレーキが装着されていた。ブレーキについては第5章で記述するが、その頃の貨車にはブレーキのない貨車が多く存在した。

連結器は北海道を除いて、連環及びネジ式連結器と側緩衝器が使われていた。北海道の貨車はアメリカの自動連結器を使っていた。「連結器の一斉取替え」という鉄道史上例を見ない工事が、大正14年7月に1日のみで全国一斉に実施された。この工事については第5章で取り上げて詳しく記述する。

3.1.4　民営鉄道の勃興

明治14年（1881）に設立され、同16年（1883）に開業したわが国初の民営鉄道である日本鉄道は、まず上野—熊谷間の開通を見、その後同24年（1891）上野—青森間の開通に至るまでの間、多大な成果を上げてきた。

これによって、それまで鉄道の利益に疑問を持っていた民間資本は、急激な勢いで鉄道熱に駆り立てられていった。日本鉄道は民営鉄道の直接的な起爆剤になったのである。日本鉄道の開業が契機になって、各地に民営鉄道計画が起こった。関東地方では、両毛鉄道、水戸鉄道、甲武鉄道などが、関西地方では阪堺鉄道、大阪鉄道、関西鉄道、山陽鉄道が、九州では九州鉄道、筑豊鉄道が、北海道では官営の幌内鉄道の払い下げを受けた北海道炭鉱鉄道が明治20年（1887）前後に設立され、各地方で開業した。この頃明治25年（1892）のわが国の鉄道営業キロは官営が886km、民営が2,125kmに達した。

3.1.5　鉄道車両の国産化

官営鉄道や民営鉄道が建設され、多くの鉄道車両が必要になってきた。当初はすべてを英国に依存していたが、真に鉄道事業の発展のためにはわが国でこれらを供給することが必須且つ緊急の課題だった。鉄道の建設は明治11年（1878）には自力建設が出来るようになった。しかし、車両については当時尚ほとんどを輸入に頼っている状態だった。国産化の道は、明治8年（1875）から官営鉄道の神戸工場で客貨車を製造していたが、数量的には多くはなかった。日本鉄道でも自社の修理工場で製造をしていた。そもそも官営も民営鉄道会社も車両の補修、修理のため車両工場が必要不可欠であり、修理しながら、新造もしていた。拡大する鉄道建設に対して、車両供給は追いつかず、益々増える車両需要を、これまでどおり輸入に頼れば、機関車、客車、貨車などに莫大な金額を海外に流出しなければならないことは明らかであった。こうした状況の中で、東京の平岡工場が明治23年（1890）に誕生した。（平岡工場は後に明治34年（1901）に、汽車製造株式会社に吸収される。汽車製造株式会社は昭和47年（1972）に川崎重工に吸収された）。また、明治29年（1896）には東京で天野工場（後の日本車輌東京支店）、名古屋で日本車輌製造株式会社、大阪で汽車製造合資会社が設立された（汽車製造合資会社は鉄道の父といわれる鉄道庁長官井上勝が設立した）。梅鉢鉄工所、日本石油新潟鐵工所なども同じころ創業した。この他にも、いくつかの会社が車両製造を手がけたが、日清戦争後の好況の反動と明治34年（1901）に発生した関東地方金融恐慌が関西にも波及した不況のあおりで廃業を余儀なくされた。

明治23年（1890）に設立の梅鉢鉄工所は後に帝国車両と改称して、堺市に新工場を建てて移転した。しかし、昭和43年（1968）には東急車輛に吸収された。大正9年(1920)設立の田中車両工業は昭和20年(1945)

に近畿日本鉄道の資本を入れて、近畿車輌と改称した。ちなみに、現在も貨車を製造しているのは川崎重工業と日本車輌の2社のみである。

（川崎車両は昭和44年（1969）川崎重工業・川崎航空機と合併し、川崎重工業となった）。[3]

3.2 日清戦争・日露戦争の頃の貨車

3.2.1 南満州鉄道

明治20年代（1887年代）に入り、急激に高まった起業熱は鉄道と紡績を中心として相次ぐ企業の設立と資本の膨張を続けた。こうした好況の時代の中にあって、明治27年（1894）日清戦争が勃発した。わが国はその戦費の多くを英国からの借入金に頼った。しかし、この戦争でわが国は勝利を得るとともに多額の賠償金を受け取り、台湾を領有し、朝鮮半島を支配下に置いた。日清戦争後、不安定な形であったが、産業革命を成し遂げていたわが国は、朝鮮半島の市場に加えて、ここに大陸市場への拠点を得て、輸出の増加とともに新たに鉄道を中心とする資本進出が可能になった。

日清戦争から10年足らずのうちに今度は日露戦争（明治37（1904）年2月～同38年9月）が勃発した。かつての日清戦争は軍需という点で経済社会に与えた影響は少なかったが、日露戦争は戦費として平時支出の7倍を費やし、これに伴って大きな軍需を引き起こした。軍需は鉄道輸送の面で活況をもたらし、貨車の製造も活発であった。図3.2は南満州鉄道向けに日本車輌（天野車両工場）で製作された25トン積木製有蓋車である。軌間は日本の1,067mmでなく、広軌1,435mmである。しかし、国産だけでは足りず英国、米国から3,000両を輸入し、満州（現中国東北部）などで使用した。

日露戦争は、ポーツマス講和条約締結によってわが国に南樺太の割譲と遼東半島の租借権、更に満州における鉄道を中心とした膨大な権益をもたらして終結した。特に満州における鉄道の権益は、鉄道の付属地（駅周辺及び沿線地区）の行政権ならびに駐兵権を含み、更にその傘下にあった鉱山・製鉄所その他の工業あるいは農業・電力・水道そして新聞発行事業までも擁する巨大なものであった。これらの権益を統括するため、明治39年（1906）11月に南満州鉄道株式会社が設立された。（初代総裁は後藤新平）。この時代、鉄道車両も朝鮮半島や大連などで日本の資本進出により製造されたが、第2次世界大戦の敗戦により、朝鮮半島、大連などにあった鉄道車両製造工場は敗戦後すべて接収された。[4]

図3.2 明治41年（1908） 南満州鉄道S.M.R 広軌1435m 25トン積木造有蓋車（天野車両工場製）[5]

3.2.2 鉄道の国有化・鉄道院の発足

民営鉄道の開業は明治31年（1898）を頂点に17社に達し、官営鉄道の3倍の営業路線を有していた。明治37年（1904）に勃発した日露戦争は軍部に鉄道国有化の強い必要性を感じさせる契機となった。迅速にしかも経済的に兵員及び軍事品を運ぶにあたって、民営鉄道の不統一性が大きな障害になったためである。ここに従来から国有化の主張を持っていた明治政府と軍部ならびに業界の要請が一致し、鉄道国有化の方針が打ち出されることになった。日露戦争の終結と同時に明治39年（1906）3月に鉄道国有法が成立し、1年後に17社の民営鉄道が官営になった。国有化によって膨れ上がった官営鉄道の総括を行うため、政府は明治40年（1907）4月に鉄道作業局を廃止して帝国鉄道庁を設け、翌41年（1908）12月には逓信省の管轄から独立させて、鉄道院を設けた。このときの貨車は3万両強に達していた。明治40年（1907）鉄道国有化時の官営鉄道は7,165km、民営鉄道は717kmとなり全鉄道路線の90%を官営鉄道が占めることになった。

3.3 第一次世界大戦の頃の貨車

明治から大正に入り、明治維新から半世紀、わが国の社会は不況のさなかにあって低迷していたが、大正3年（1914）7月に第一次世界大戦が勃発し、その特需に伴いわが国の経済社会は輸出が増えて好況になっていった。そして大戦後に設立された国際連盟の常任理事国に選出され、5大国の一員に数えられるようになった。

大正3年（1914）から4年（1915）にかけて海運の活況、綿紡績・製糸・織物など繊維産業が伸びて、更に鉄道輸送・機械・電力・鉱山など関連基礎産業など

が躍進した。この戦時景気は大正 3 年（1914）後半から同 7 年（1918）前半まで 4 年間続いた。その後、一時的な戦後不況があったが、わが国の産業は化学工業なども加わって､軽工業から重工業へと移っていった。

3.3.1　台枠の改造

明治初期の貨車は短小であり､軽荷重(5 ～ 6 トン積)なので、その車体及び台枠は全部木製であった。その後台枠は鋼木合造（木製の中梁と鋼製の側梁）のものが多く用いられるようになり、大正元年（1912）設計の有蓋車から全鋼製台枠のものが造られるようになった。木製または鋼木合造台枠の車両は横梁を側梁に渡して取り付けるため、中梁は横梁によって分断されていた。大正 7 年（1918）に「自動連結器採用」の準備工事に着手した当時は、まだこれらの台枠構造の貨車が多数存在していたため､木製中梁を通し材に取替え、あるいはその下面に山形鋼の補強を通したり、またある車は、前後端梁間に引っ張りボルトを入れたり、または木製端梁（緩衝梁）の自動連結器胴を入れる穴を明けるため、その補強をするなど、まず台枠の大改造を行う必要があった｡台枠の構造が多様であったため、台枠改造の工事要領を示す図面類も多くなった。(大正 14 年（1925） 7 月 17 日貨車・機関車 6 万両余りの連結器を 7 年間の準備のもとで、全国一斉に僅か一日で自動連結器に取り替えた）

3.3.2　貨車の増トン工事

荷重が５～６トンと小さく、寸法・構造も多種多様で貨車形式も 100 車種以上もあって、軸距が 2 ～ 3m と短い 2 軸車が多く、貨物列車の速度向上につれて安全上の問題も生じるようになった。そこで、これらの貨車を統一して、輸送の安全を図り、同時に荷重の増加を図って輸送力を充実させる「増トン工事」と呼ばれる車体の改造が明治 42 年（1909）から始まり、大正 11 年（1922）まで続いた

有蓋車は、車体の継ぎ足しや車幅を増して９～ 10 トン積とし、無蓋車は側板・妻板を増やして 10 トン積にした。こうして貨車の大きさを統一するとともに軸距離 10ft（3,048mm）未満のものを 10ft に改造した。明治 43 年（1910）に客貨車用の基本車輪車軸が制定され、車輪の直径が 2ft6in（762mm）以上と決められ、同時に標準直径は明治初期にイギリスから輸入された車輪の寸法を元に 2ft10in（860mm）と決められた。

3.3.3　木製から鋼製へ

わが国は雨が多いので、木製有蓋車は雨漏りの防ぎようがなく、年々支払われる漏損事故の補償費は大きな額に達していた。ことに上記の増トン工事のために柱を高くした有蓋車は停止、引き出しの際にも、運転中にも柱が揺れ動き、筋違いや引っ張りボルトを当てるぐらいでは効果も薄く、また羽目板、戸当り、戸尻からの雨水の浸入を防止すべき術もなかった｡試しに、柱に補強の山形鋼を添えてみたり、あるいは亜鉛薄鉄板を羽目に木ネジ止めにするなどの試験をしたがはかばかしくなかった。
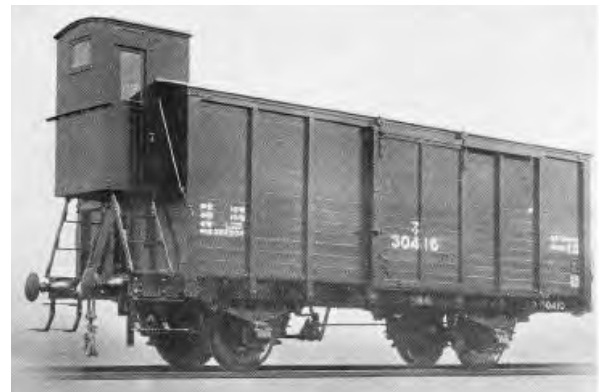
図3.3　大正1～4年（1912～1915）フワ30000形式12トン積木製有蓋緩急車　機関士からの汽笛の合図でブレーキをかけるブレーキマンが常時乗る[6]

大正 4 年（1915）以降の新製 15 トン積有蓋車は溝形鋼の柱を用い、横張りの木羽目板とし、また鋼製引き戸を設けたが、雨水の浸入を絶対に防ぐことは出来なかった。大正 14 年（1925）には側板に鋼板を用いた有蓋車が設計された。床はまだ木製で、屋根も屋根布を張るから木板張りとした。　昭和 3 年（1928）になると、鉄板による室内温度上昇を防ぐために木製横張りの羽目板が張られた。

この当時は自動連結器や空気ブレーキの採用など画期的な技術開発があった。大正の初期においてはまだ自動空気ブレーキ装置は取り付けられず、図 3.3 に示すようにブレーキマンが乗った緩急車で列車を止めていた。(これらについては第 5 章参照)。しかし、最も注目すべき技術の開花は何と言っても鋼製車両の開発であった。大正 13 年（1924）ころ、山陽本線などで木造客車による事故の被害が頻繁に発生したが、鋼製車両はこれらの被害を最小限に食い止め、その上車両の軽量化と相俟ってよりエネルギー効率を高める利点もあって注目されることになった。この鋼製車両技術が貨車にも及んだのである。

3.3.4　鉄道院の標準車

鉄道院は改造工事や増トン工事も含め種々雑多な貨

車の標準化に着手した。その第1号が大正3年(1914)に生まれたワム23000形式の15トン積有蓋車（図3.4参照）及びトム1形式の15トン積無蓋車だった。当時はまだ10トン積が普通であったことから見て、この新設計は画期的な大型車の誕生であった。この15トン積はその後約50年間主力貨車となったのである。

図3.4　大正3年（1914）ワム23000形式
15トン積有蓋車（木羽目板）[7]

そのほかに特筆すべきものとしては、大正4年(1915）に設計された鉄道院3軸タンク車フア27200形式を挙げることが出来る（6.1.2項・図6.2参照)。これは最大荷重20トン積。ほぼ同じ時期に鉄道院だけでなく、民間会社向けにも石油輸送に使われた。第６章で解説する「私有貨車」の草創期の作品である。タンク本体は溶接ではなくリベット構造であった。

3.4 関東大震災～満州事変の頃の貨車

3.4.1 鉄道省の発足・関東大震災の被害

第一次世界大戦は大正7年（1918）11月に終結した。大正9年（1920）5月に鉄道省が設置された。鉄道省は国有鉄道及びその付帯業務を所管するほか地方鉄道、軌道、航路、南満州鉄道に関する監督業務も行い、のちのことになるが昭和8年（1933）からは自動車運輸事業の監督業務も加わり、陸上交通全体を統括する官庁になった。

鉄道において、この時代の最大の試練は大正12年(1923）に発生した関東大震災であった。被災者340万人、死者9万人、全壊家屋64万戸という未曾有の災害となった。鉄道の被害も例外ではなく、列車脱線・転覆13件、車両脱線5件が発生。被災車両は1,836両、このうち貨車は1,204両が被災した。[8]

鉄道省となってから、昭和12年（1937）年までの17年間に線路は7,000kmに達した。根室、宗谷、上越、羽越、日豊の各線が全通し、国鉄の幹線網はこの時期にほとんど完成した。

3.4.2 10トン積へ逆戻り

昭和元年（1926）に車体側板をはじめて鋼製にしたワテ45000形式の鉄製有蓋車が製作された。これ以降の新製有蓋車は戦時設計車を除き鋼製になった。

昭和4年（1929）に起きた経済恐慌は貸切り車扱い貨物の減少をもたらし、その反面小口貨物が増加し、昭和5年（1930）から小型の10トン積有蓋車・無蓋車が復活した。これと同じ年に客車と同じ車両限界で設計された大型の2軸ボギー25トン積有蓋車及びワムフ1形式の有蓋緩急車が作られた。車体両側にそれぞれ2箇所の側引き戸を備え、急行列車並みの速度で運転できるように枕バネ式の台車を使用した近代的な貨車だった。これは有事の際に急行旅客列車に連結して軍事輸送に使用する目的があって製作されたようである。昭和12年（1937）から急行貨物（宅扱い）列車に使われた。

宅扱とは：小荷物を駅から駅まで、さらに駅から戸口までの配達を鉄道省の責任で行う方式で、現在の宅配便と似ている。

3.4.3 満州事変と貨車

話が前後するが、これに先立つ昭和2年（1927）に初めてトラ35000形式の17トン積無蓋車が完成した。これまでの15トン積よりも車長を約1メートル長くし、長さ2間（約4メートル）の木材を前後2列に積載でき長尺物の輸送に使われた。

図3.5　鉄道省　昭和8～17年　(1933～1942)
カ1500形式　10トン積家畜車[9]

昭和6年（1931）9月18日満州事変の勃発を契機に、貨物需要は軍需産業の急速な発展とともに増加していった。更に進出してきた自動車輸送への対抗からその競争力強化が必要になり、有蓋車・無蓋車のほかに冷蔵車・通風車・家畜車（図3.5参照）・活魚車・大物車などの製作が続けられた。鮮魚輸送の増加に対処するために天井氷槽式のレ2900形式冷蔵車、ドラ

イアイス式レ2500形式冷蔵車、野菜・果物輸送用の初の鋼製ツ2500形式通風車が作られた。また、軍部の要請により、軍事輸送に使用できる無蓋車・長物車の製作も行われた。私有タンク車にもいろいろな新形式車が登場し、昭和6年（1931）に初の15トン積揮発油（ガソリン）専用タンク車が作られた

3.5 戦時中（第2次世界大戦）の貨車

この時代の歴史は多くの人達が記憶している分野であり、時代考証をしながら戦争前も戦中も8月15日も休まずにお国のために、国民のために活躍した「貨物輸送・貨車」について記述する。国民には悲惨な時代であったが、貨車は大活躍した時代でもあった。

わが国は昭和11年（1936）の2・26事件発生とともに準戦時体制をとり、昭和12年（1937）には日華事変（日中戦争）の勃発を機に戦時体制に入った。更にその翌年には国家総動員法が公布されるに及び、国家統制の時代を迎えることになった。

3.5.1 戦時統制下の経済社会

何故戦時下ではこの時代に適合した貨車設計をしなければならなかったかのかを理解するために、過酷な戦時統制化の経済社会がどのようなものであったか述べる。

戦時下の経済社会は、もっぱら政府の方針・政策に従ういわゆる統制経済社会であった。その前触れは、昭和6年（1931）満州事変の勃発直後から執られた満州事変費・兵器改善費などの膨張政策に見ることが出来る。

このため経済社会は恐慌から脱し、景気の回復をみることができたが、軍事費の偏向的膨張は、わが国初の赤字公債の発行に踏み切ったことに見られるように、多くの矛盾・諸問題をはらみ、昭和10年代（1935年代）には抜き差しならない財政破綻状態に陥っていた。昭和10年（1935）、政府は一応この事態の収拾にあたり、軍事費を一定限度の中に収めるなどの暫定的対策を講じたが、翌昭和11年（1936）の2・26事件発生とともに内閣崩壊（岡田啓介から広田弘毅へ）に続く新体制が実現し、準戦時体制が敷かれて軍事的・財政的膨張が膨らんでいった。

昭和12年（1937）7月、日華事変が勃発するとともに準戦時体制が改められ、いわゆる臨時資金調達法によって軍事費の調達が、また輸出入品等臨時措置法により物資調達がなされた。一方で、軍事工業動員法（大正7年・1918制定）を日華事変に適用することを決定した。

昭和13年（1938）に国家総動員法と電力国家管理法が成立し、ここに完全な一元的統制経済体制が出現したのである。この間、経済社会は膨張政策の当然の結果としてインフレを強めてきていたが、昭和13年（1938）に入ると早くも収拾のつかない状況を呈し始めた。統制経済体制はこれらにも相当な圧力をかけ、インフレ解消を目指したが、昭和14年（1939）10月に至り、最後の手段として物価統制令（9・18ストップ令）によってすべての物価を「同年9月18日」の時点を基準として凍結したのである。

戦争経済によって昭和14年（1939）以降日本経済は崩壊に向かい、日華事変の膠着化とともに、わが国は八方塞がりの状況となった。これを打開するために、大陸方面に対する進出をいっそう激化させた。

昭和14年（1939）、日米通商条約の破棄通告とともに、アメリカ・英国・中国・オランダの経済圧迫が開始され，特に石油・くず鉄など重要戦略物資の対日輸出は極端に制限を受け、第一次世界大戦後これら諸国、特にアメリカに大きく依存してきたわが国経済は深刻な打撃を被ることになった。

ここに膠着状態の中国戦線と逼迫する経済資源問題を一挙に打開するため、南進（アメリカ・英国・オランダに挑戦する）か、それとも北進（ソ連に挑戦する）かという岐路に立たされたわが国は、日独伊三国軍事同盟（昭和15年9月）・北部仏印進駐などによって南進を選択したのである。そして昭和15年（1940）10月に大政翼賛会が結成され、すべての労働組合が解体されて政治的にも統制体制が一元化された。

こうして昭和16年（1941）4月の日ソ中立条約締結、また同年7月関東軍特別大演習による対ソ示威行為を経て、同年12月8日、英米に対して宣戦を布告し、大東亜戦争に突入した。

3.5.2 4年間で10年分の車両製作

これまで戦争に突入するまでの経済社会の動きについて概説してきた。次にこのような厳しい経済状況の中で貨物輸送・貨車はどのような動きをしていたか述べる。貨車の戦時設計の設計条件については後述する。

昭和12年（1937）に勃発した日華事変（日中戦争）により、国内輸送は船舶不足とガソリンの消費規制が起こり、海運、自動車輸送の旅客・貨物が鉄道に殺到した。国鉄は輸送力増強のため急遽昭和13年度（1938）を初年度とする輸送力拡充4カ年計画を策定し、この難局を乗り切ることにした。この計画は貨物輸送の増強が主目的で、車両、特に貨車の新造、線路の増設、

停車場などの施設の改良に取り組んだが、4年間の予算は過去10年間の国鉄の車両費・改良費などの総額を超えるもので、戦時下の兵站計画であったことがうかがい知れる。[10]

国は国家総動員法に基づき、1,385kmの民営鉄道を戦時中に買収した。戦局が悪化する昭和18年（1943）ごろから国鉄の輸送形態は更に貨物重点主義に移行していった。戦時設計の応急処置的な貨車が増え、更に車両強度の限界まで利用した増積輸送が始まり、車両の劣化・衰損が目立つようになった。その中で重要物資である九州炭の輸送に威力を発揮したのが昭和17年（1942）に開通した関門トンネルである。

この時期には貨物の輸送力増強のために新形式車両が誕生した。貨物機関車ではD51形式（昭和12年（1937）に貨物用として製作された代表的なSL。この当時旅客用としてはC51形式、その後継機種がC57形式さらに昭和13年（1938）にはC58が登場した）に続いて戦時設計型のD52形式を製作し、石炭列車の牽引に活躍した。

3.5.3　再び木製車に逆戻り

戦時には、貨車は再び大型2軸車の時代になり、昭和13年（1938）にワム23000形式有蓋車を製作した。これは戦前を代表する鋼製の有蓋車であり、戦後昭和20年代（1945年代）末まで量産された（このあとワム90000形式が登場する）。無蓋車は原材料輸送のため重点的に増備され、17トン積トラ4000形式（鋼製）を製作した。

戦時輸送体制の時代に入ると元の木製貨車に戻り、昭和15年（1940）ワム50000形式15トン積有蓋車、トム50000形式15トン積無蓋車を製作した。続いて大型化を図ったトラ6000形式17トン積無蓋車を製作した。昭和17年（1942）に初めての35トン積2軸ボギー無蓋車トキ10形式を製作したが、妻構えを外せば直ちに軍事輸送の長物車になった。全長26mの弓梁式80トン積大物車シキ100形式は、高射砲を積み列車砲として使用できるように、アウトリガーまで取り付ける改造を行った。

昭和18年（1943）石炭輸送の強化のため、最小の資材で最大の容積を確保したトキ900形式の3軸30トン積無蓋車が製作された。側板、妻板を高くして、容量を拡大し、3軸車にして荷重を増大し、車体は木製とした典型的な戦時設計車であった。チキ3000形式は戦時輸送を想定した戦車を積載できる長物車だった。車掌車は貨物室を広く取る改造を実施した。狭くなった車掌室は電灯も暖房もない粗末な車掌車になった。

3.5.4　30トン積無蓋車・究極の設計

戦時下においては機関車や客車のみならず石炭、木材、軍需物資輸送に欠かせない貨車に対しても厳しい設計・使用条件が課せられた。[11] ①木材の格下げ、②塗装の格下げや省略、③鉄鋼材の節約（鉄製から木製に戻した）の他に超過荷重も容認した。

（1）超過荷重の容認

輸送力増加の一策として、昭和16年（1941）12月から約一割の積載標記荷重超過を容認した。12トン軸に対してはその負担力（軸重）を超過して使用することが許された。貨物の品目・車種に応じて、積載標記荷重を2トン引き上げることになった。戦局が悪化した昭和18年（1943）5月からは形式毎に強度に応じて2軸車は1トンから3トンまで、ボギー車は5トンまで積載標記荷重を引き上げる非常措置が執られた。この結果15トン積み貨車に換算して約11,800両の増備になったが、バネが弱り、車輪の磨耗は早くなるなど貨車の状態は悪化していったので、この制度は戦後の昭和21年（1946）3月に廃止された。

（2）30トン積無蓋車　トキ900の設計

図3.6　鉄道省　昭和18年（1943）　トキ900形式30トン積無蓋車　木製,時局柄木部の塗装を省略（石炭輸送用）[12]（写真は平成12年（2000）JR東海・浜松工場にて上回りを復元したもの。台枠以下の下回りは当時のまま。復元設計者は中川彰と河合順也・JR東海浜松工場に保存されている）

3軸で30トン積の設計は特筆すべき戦時措置である。戦争が苛烈になるに及んで海運が鉄道輸送に転嫁されたことにより大積載荷重の石炭輸送に適する貨車が必要になった。

その設計に当たっての条件は：

* 現在の機関車の牽引力及び線路の有効長の制約の下でもっとも有利な構造とすること。
* 所要資材及び製造工数を極力節約すること。

＊　最も入手しやすい材料を用いること。

にあった。且つ、石炭輸送が主目的であるが、一般貨物に対しても便利な構造とすることも考慮せねばならない。建設規定の制約下において、2 軸車としては 17 トン積無蓋車が最大限度である。従ってこれよりも積載荷重を増加するためには、2 軸ボギー車とするか、3 軸車とするしかない。しかし、2 軸ボギー車とすれば車長が長くなり、また所要資材も製造工数も一段と増加する。3 軸車は曲線通過、軸重の平等配分、走り装置、ブレーキ装置などにいろいろ困難を伴うものであるが、資材及び製造工数は 2 軸車並みで 2 軸ボギー車よりも遥かに少なくて済むので、上記の困難は技術的に克服することとして異例の 3 軸車採用の方針が出されたのであった。

石炭用 2 軸ボギー 35 トン積無蓋車（仮想案）と 30 トン積 3 軸無蓋車（案）との輸送力を比較すると次の通り：（機関車 1 両の場合）

表 3.1　30 トン積 3 軸車と 35 トン積ボギー車の比較[13]

	35 トン積 4 軸	30 トン積 3 軸
車長	10.4m	9.55m
自重	15.7ton	11.0ton
有効長制限両数	40.4	43.9
引張力制限両数	19.7	24.4
許容連結両数	19	24
許容積載トン数	665ton	720ton

機関車 1 両分の引っ張り力を 1000 トンとする。
線路有効長：460m　機関車長さ：20m

上記の 2 軸ボギー 35 トン積無蓋車は実際には存在しない。石炭用として側板を高くし、車長を短くした仮想車である。実際に昭和 17 年（1942）に製作された一般用 2 軸ボギー 35 トン積（石炭荷重 30 トン）無蓋車トキ 10 形式は、連結面間長さ 13.6 m、自重は 16.3 トンだった。（この貨車は妻構えを外せば、直ちに兵器輸送用の長物車になった）

実際に設計製作された 3 軸の 30 トン積無蓋車トキ 900 形式（図 3.6 参照）は昭和 18 年（1943）から昭和 21 年（1946）までに 8,219 両製作された。車長は 17 トン積無蓋車トラ 6000 と全く同じ 9,550㎜であって、しかも積載荷重 30 トン（石炭荷重も 30 トン）。側高さ 1,500㎜、妻板高さ 1,800㎜（トラ 6000 はそれぞれ 800㎜、1,100㎜）、側の下部は高さ 856㎜のあおり戸、上部には上から差込の 638㎜高さの鋼板が取り付けてある。全軸距離は 5,500㎜（建設規定の固定軸距離は 4,600㎜）。

この貨車の最も特異とするところは中梁を側梁よりも 110㎜低く沈めて通し、中低の台枠にした点にある。そのため中梁の中心線は自動連結器の中心と一致し、両中心線の芯違いによる車端衝撃による曲げモーメントはゼロになる。そのため中梁は車端衝撃の直接圧縮応力に耐えるだけの小さい断面積を有すれば足りることになった。実際には当時として入手し得る最小の溝形鋼 180 × 75 × 7 × 10.5 を用い、また、側梁、横梁、端梁も同一の溝形鋼として材料準備の簡易化が図られている。その代わり、床板を受けるために中梁上に 110㎜高さの縦根太を設けねばならない。台枠の断面を図示すると図 3.7 の通りである。

車軸は軽量化のため 12 トン短軸が用いられた。（車軸 3 本分で長軸 2 本に相当する重量まで減少した）
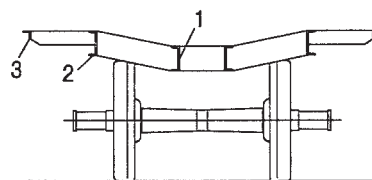
図 3.7 トキ 900 の台枠断面（通常の台枠は上面がフラットであるが、これは中央部が 110mm 下がっている）[14]

トキ 900 形式はきわめて短期間に 8,219 両と大量に製作され戦時の石炭輸送に大活躍した。しかし、限界設計と酷使のため車両の疲弊ははなはだしく、戦後はワム 23000 形式有蓋車やチサ 1600 形式長物車などに台枠、輪軸などが転用され、昭和 34 年（1959）までに廃車になった。

3.6　敗戦後の混乱と国鉄の復興

3.6.1　混乱期のあらすじ

昭和 6 年（1931）の満州事変以来支那事変・大東亜戦争と 14 年間も続いた戦時体制は昭和 20 年（1945）8 月 15 日の敗戦とともにすべてが解体された。90％まで軍需目的に動員されていた経済・工業はもとより正常な状況ではなく、荒廃の極みを呈していた。旧領土の 45％、国富総額の 40％を失い、残った国土も空襲などによって廃虚同然と化し、鉱工業生産は戦時最盛期の 5 分の一までに低下していた。こうした状況の中でわが国は再建への第一歩を踏み出さねばならな

かった。占領下の社会不安・インフレの進行・国民生活の崩壊・大量の海外引揚者・財閥解体・農地開放・激しい労働運動など戦後の社会混乱が昭和24年(1949)まで続いた。図3.8は戦後混乱期の鉄道輸送状況を示す。

わが国の「戦後」はポツダム宣言の受諾後(8月10日)、直ちに行われた連合軍の占領に始まった。連合軍(事実上アメリカの単独占領)の占領政策は、9月2日に連合軍総司令部(GHQ)が日比谷に設置されるとともに次第に具体化され、10月11日にいわゆる五大改革が指令された。

わが国の進路を決定付けたこの五大改革の第一は婦人の解放，第二は労働組合の結成促進、第三は教育の自由主義、第四は専制政治の廃止、第五は経済の民主化であった。経済の民主化、労働組合の結成促進については「財閥解体」・「農地解放」・「労働改革」の三綱領が明らかにされた。

図3.8　戦後の混乱期・客車が不足して貨車で輸送
(出典：鉄道博物館)

今年(平成20(2008)年現在)で戦後63年になるが、このころのわが国の経済状態がどのようなものであったかはまだ記憶しておられる人も多く、今も語り継がれている。終戦時における荒廃は全生産部門に及び、物資の欠乏、特に食糧難には極端なものがあった。すなわち総消費は総生産を遥かに超え、エンゲル係数は上昇の一途というまさに生活危機的様相を呈していた。生産についてもその設備能力は戦禍によって戦前(昭和12〜14(1937〜1939)年)水準以下に落ち込み、更に資材その他の不足によって実質の生産量はその6分の一に低下し、加えて歴史上かつてない爆発的なインフレも進行していた。(昭和9〜11年を100として、敗戦の年、昭和20(1945)年の卸売物価指数350.3から昭和21年には1627.1となっていた)

昭和24(1949)年３月､デフレ政策をとったドッジ･ラインが敷かれ､1ドル360円の固定レートが決まり､インフレが収束に向かった。また同年５月にはシャウプ博士の税制改革勧告によって経済安定政策が強化された。しかし、この政策は安定恐慌といわれ、ドッジ･ラインによる不況は昭和25(1950)年3月を頂点にして、多くの混乱を引き起こしたが、同年6月25日に朝鮮動乱が勃発するに及び劇的な回復を実現した。

3.6.2　D51(デコイチ)からC61型蒸気機関車誕生

戦時中の鉄道輸送は貨物輸送が優先されたために、貨物用蒸気機関車のD51(デコイチ)やD52が増産されていたが、戦後は生活物資の買出し、そして復員者の輸送などによる旅客輸送が激増し、旅客用の蒸気機関車が必要になった。しかし、ドッジ・ラインによる緊縮財政の執行は機関車の新造を許さなかったため、その需要に応じられない状況になり、戦後余剰になっていたD51・D52型のボイラー・炭水車・部品を使い、足回りを新造してD型からC型に改造し旅客用にあてるよう計画したのである。これはGHQも認めることになって、D51からC61型が、D52からC62型の旅客用蒸気機関車が誕生した。

C61 型蒸気機関車は敗戦後余剰になったD51のボイラー・炭水車などを使い新造した２C2型機関車で、ブルー・トレインの牽引にも活躍した。貨物列車用蒸気機関車D51型は昭和11(1936)年から10年間で1,115両が製作され、全国の幹線で使用された。近郊型から貨物、入換え用まで使用された万能型蒸気機関車C11型は、昭和8〜22(1933〜1947)年に381両製造された。戦後は電化・ディーゼル化による動力近代化が推進され、日本の蒸気機関車の新造は昭和25(1950)年に打ち切られた。その後、現役の蒸気機関車は逐次減少の一途をたどり、昭和51(1976)年に最後の蒸気機関車のカマの火が消えて、明治の鉄道創業より一世紀を超える長い歴史に終止符が打たれた。近代文明を先導した鉄道の主役として働き、その基礎技術は現代の鉄道車両にも引き継がれ、また長年にわたって私たちの生活・経済・文化を支えてくれた蒸気機関車を懐かしむ人が多く、歴史的文化財として全国各地に多数の蒸気機関車が保存されている。蒸気機関車は人間の表情に最も近い機械として愛好され、ミニSL運転やSL復活運転には鉄道フアンのみならず、多くの人がその雄大な姿を、煙を、哀愁を帯びた汽笛の音を懐かしんでいる。貨物輸送・貨車とSLは深い結びつきがあった。

3.6.3　国鉄の復興(運輸省・国鉄の発足)

昭和20(1945)年5月、運輸逓信省は通信部門を分離し、運輸省となる。昭和24(1949)年6月に運輸省鉄道局という行政組織から切り離された公共企業体「日本国有鉄道」が発足した。その間、鉄道はGHQの管理下におかれた。

戦後処理に関わる特殊輸送は大量のものがあった。すなわち、予想される 66 万人の復員輸送、134 万人の引揚げ邦人輸送、100 万人の外国人送還者輸送、疎開者の復帰輸送そして大量の進駐軍輸送があった。なかでも最も優先された進駐軍輸送は大きな負担となって、民需輸送を圧迫した。なぜなら、戦争によって、機関車、客車、電車が大きな被害を被っていたからである。『貨物鉄道百三十年史』によれば

「アメリカ軍の激しい空襲によって 9,557 両に及ぶ大量の貨車を失った。更に戦時中に執った増積みなどの酷使のため、貨車の状態は著しく悪化した。昭和20(1945)年8月当時、使用可能な貨車は在籍11万7,598両のうち約 9 万 2,700 両であった。終戦後復興資材などが動き出したため、鉄道輸送力は極端に不足となり、「貨物主客車従」の方針で貨車の修復に全力を挙げるとともに貨車を緊急に増備することになった」。[15]

とある。

3.6.4 戦後復興は鉄道から・大量緊急発注

国は昭和 20（1945）年 9 月 18 日、翌 21（1946）年上半期中に完成すべき車両として、蒸気機関車 310 両、電気機関車 86 両、客電車 1,200 両、貨車 2,100 両の合計 3,696 両の大量発注を行った。[16] これはまだ終戦後一ヶ月余りのことである。終戦時物資が極端に不足して、国民が空腹を抱えて飢えに苦しんでいた最も困難な時期、ほとんどの工場が戦争による内地空襲で壊滅的打撃を受けて停止状態のこの時期に、これだけ大量の鉄道車両生産が始まったことは信じがたいことであるが、事実である（出典 :『驀進・日本車輌 80 年のあゆみ』P171)。「戦後復興は鉄道から….」というスローガンが本当であったことを裏付ける。

輸送力が極端に不足し、鉄道輸送が重要視され「経済復興は鉄道から」という国家的スローガンの下で、資金・資材・労働問題などが山積する中で、鉄道車両工業界は全力を挙げて生産に取り組んだ。終戦直後のこの時点で直ちに車両製造を開始できた会社は、日本車輌・汽車会社・川崎車両・日立製作所・新潟鐵工所・近畿車輛・帝国車両・新三菱重工業・東芝車両・三菱電機であった。[17] この時期にワム 23000 形式 15 トン積有蓋車の製作が復活した。また、連合軍の指示により、貨車の大型化、ボギー車化を推進することになった。昭和 23（1948）年 8 月、国鉄の運転取扱い心得の改正により車種別の最高速度が定められ、甲種は 85km/h、乙種は 75km/h、丙種は 65km/h になった。

戦後経済が徐々に復興するに伴い、国鉄は輸送力の増強、サービスの向上、安全の確保、輸送コストの低減を重点に車両・設備の近代化を進めることになった。鉄道による貨物輸送は当時の陸上輸送の大部分を担っていたので、国の方針として輸送力の増強に重点が置かれ、貨車の新造は一部のボギー車を除いて製作費の安い 2 軸貨車が中心になった。経済の回復に伴い冷蔵車や家畜車なども新造されるようになった。

3.6.5 米軍専用の貨車

敗戦直後の昭和 20（1945）年 9 月から日本全国に進駐した連合軍（実体は米軍）は軍人・軍属の輸送及び資材・兵器の輸送のために連合軍専用車を指定した。貨車では冷蔵車・タンク車・大物車が主体で、有蓋車・水槽車も指定を受けた。まず食料品輸送のため冷蔵車の要求があり、天井氷槽が付いた 12 トン積レ 2900 形式が指定され、昭和 21 年（1946）11 月時点では占領軍指定車両は 700 両を超えた。タンク車は航空機や自動車の燃料輸送として、石油会社所有の私有タンク車を中心に 400 両余りが指定を受けた。大物車は戦車輸送用として 50 トン積シキ 60 形式が対象になった。不足の車両について在日米軍調達局は自ら車両メーカーへガソリン専用の 30 トン積タンク車を発注した。（図 3.9 参照）

図 3.9　在日米軍調達部タキ 3000 形式　ガソリン専用タンク車 United State Army　USA 700130 Gasoline Only と表示されている。タキ 3000 形式は私有貨車の中でも 1,500 両以上製作された代表的車両で、在日米軍のみならず石油関連各社が所有した [18]

3.6.6 戦後復興期の貨車

昭和 21（1946）年から戦時中に大量生産（8,219 両）した戦時設計の 3 軸 30 トン積無蓋車トキ 900 形式（図 3.6 参照）の転用改造が大規模に始まった。長物車に改造してチサ 1600 形式を造り、そのほかにも有蓋車（ワム 23000 形式）、豚積車、冷蔵車、車掌車などに改造した。改造有効利用の促進によりトキ 900 は昭和 26（1951）年ごろから姿を消し始めた。これらの改造車両は昭和 34 年ごろまで使われた。

進駐軍の指導により昭和 23（1948）年からボギー貨車の製作が始まった。戦後最初のボギー貨車とし

てトキ 15000 形式 35 トン積無蓋車が 2,700 両製作され、木材、石炭などの復興資材の輸送に使われた（図 4.8 参照）。この貨車の台枠の中梁は当初は形鋼のリベット構造であったが、昭和 28（1953）年から平鋼と鋼板を組み合わせたⅠ形断面とし、横梁、枕梁も同様のⅠ形とし、溶接構造となった。台車には軸箱を一体にした鋳鋼製ボギー台車 TR41 をはじめて採用した。TR41 台車はこのあとボギー貨車の標準台車となった。

トキ 15000 に次いで、進駐軍の指示により生鮮食料品輸送のためレキ 1 形式 25 トン積冷蔵車が作られた。レキ 1 形式は木製車体無氷槽式の構造で車体を大きくしたため、保冷性能を考慮して断熱材を厚くしたが、車室が大きすぎて使いにくい貨車だった。

昭和 24（1949）年にはワキ 1 形式有蓋車の戦後型としてワキ 1000 形式 30 トン積有蓋車を、また昭和 26（1951）年には同系列のワムフ 100 形式 15 トン積有蓋緩急車が製作され、昭和 25（1950）年から復活した小口急送貨物列車に使われた。ワムフ 100 形式には車内には電灯装置が取り付けられ、貨車としては初めて車軸発電機が取り付けられた。車掌の長距離乗務に備えて、便所・洗面所などを設け、最高運転速度は 85km/h だった。

このほかにも、昭和 21（1946）年から 26（1951）年にかけて、戦後復興期を反映してタンク車、冷蔵車、通風車、豚積車、家畜車、石炭車などの特殊構造の貨車が新造された。タンク車は昭和 21（1946）年に 30 トン積揮発油専用タンク車（図 3.9 と同じ構造）が造られた。これは中梁のみで側梁のない台枠構造だった。

冷蔵車は昭和 22（1947）年に、無氷槽形のレ 6000 形式 12 トン積冷蔵車が造られた。同 24（1949）年には天井氷槽形のレ 7000 形式 12 トン積冷蔵車、同 25（1950）年には新設計の全鋼製天井氷槽形のレ 10000 形式 12 トン積冷蔵車が登場した（図 3.10 参照）。

昭和 26（1951）年にカ 2000 形式 12 トン積家畜車、ツム 1 形式15 トン積通風車、ウ300 形式12 トン積豚積車、セキ3000 形式30 トン積石炭車などが造られた。[19]
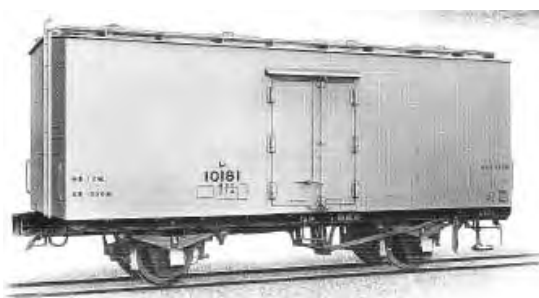
図3.10　国鉄　昭和27年　レ10000形式12トン積冷蔵車内装にステンレスを使用し、内部、外部を別々に作り上からはめ込む量産に適した画期的な構造である

3.7　産業・経済復興時代の貨車

昭和 25（1950）年 6 月 25 日、朝鮮半島で、北朝鮮は突如 38 度線を越えて南へ侵入、朝鮮動乱が勃発した。また東西冷戦によって国際情勢は急変した。昭和 26（1951）年 9 月 4 日、サンフランシスコにおいて 52 カ国の全権が出席して対日講和会議が開催され、続いて同年 9 月 9 日、わが国と 48 カ国が平和条約に調印、ここに日本は連合軍の占領下から脱して自立を獲得し、10 年ぶりに国際社会へ復帰した。第二次世界大戦終結後、日本経済は混迷を続けていたが、朝鮮動乱による膨大な特需によって一挙に復興することになった。鉄道車両業界おいても急激に特需が発生して生産は拡大に向かった。

朝鮮動乱の勃発とともに国鉄は旅客・貨物の輸送量が漸増し、旅客輸送については昭和 25（1950）年度に延べ 30 億人であったものが、朝鮮動乱後の消費・投資景気を経た同 30（1955）年度には約 40 億人に増加し、貨物輸送についても昭和 25（1950）年度に約 1 億 4200 万トンであったものが、同 30 年度には約 1 億 6700 万トンに増加した。[20]

国鉄はこれらに対処して車両の増備を図るとともに輸送効率の向上を技術的な面から推進した。特に貨物輸送が激増した朝鮮戦争勃発直後には急いで貨車の大増備を新造・改修の両面から行った。代表的なものはレ 12000 形式 12 トン積冷蔵車、ワム 90000 形式 15 トン積有蓋車、ツム 1000 形式通風車、カ 3000 形式 12 トン積家畜車、トラ 30000 形式 17 トン積無蓋車などを挙げることが出来る。また国鉄以外では民間会社が所有し、車籍を国鉄に編入して運用する「私有貨車」の増大が特筆される。私有貨車の発達については第 6 章「私有貨車の技術発達」で記述するが、タンク車・大物車・ホッパ車など石油類、硫酸、苛性ソーダ、塩酸、硝酸、セメントなどの専用輸送に使われる貨車が開発された。

3.7.1　ワム90000 形式開発経緯・石炭車・車掌車

貨車の技術革新は、主として走行速度向上による貨物輸送の合理化ならびに車両の軽量化の方向で大いに進められた。この時代の貨車技術上特筆すべきは、2 軸貨車の速度向上を目指した「2 段リンクバネ吊り装置」が、昭和 27（1952）年鉄道技術研究所（現・社団法人・鉄道総合技術研究所）の松平精博士の発明により開発されたことである。翌 28（1953）年に 2 軸車（昭和 21 年（1946）に輸送力増強のために製作さ

図3.11　国鉄　昭和29～33年(1954～1958)ワム90000形式15トン積有蓋車。 2段リンクバネ吊り装置を採用して75km/h走行を可能にした。図は車体に黄色い帯を巻いて急行貨物列車として使用されたもの。

れた鋼製有蓋車ワム23000形式を改造したワム90000形式）で試験され、結果は従来の最高速度65km/hより20km/h　も高い85km/hを達成した。これによって新製2軸貨車のほとんどはこの方式を採用することになった。新しいバネ吊り装置を備えた最初の貨車はワム90000形式15トン積有蓋車であり（図3.11参照）、従来65km/hが最大だった2軸車での常用運転速度75km/hは、その後の輸送力改善に大きく貢献することになった。（2段リンクバネ吊り装置については第５章「貨車の装置別技術発達」で記述する）[21]

＊石炭車：歴史上、鉄道は石炭との結びつきが深く、世界最初の鉄道であるイギリスのストックトン＆ダーリントン鉄道は1825年に石炭輸送で始まった。貨車の構造は石炭の積出港での石炭桟橋または貯炭場の設備によって異なっていた。セム8000は底開きリンク機構を持った貨車である。昭和32（1957）年には車体上部を延長して容積を増して17トン積にしたセラ1形式石炭車が誕生した。九州地区の石炭車は、石炭積み込み場の寸法制限から、通常の車両限界よりも小さい特別の車両限界で設計製作された。一般の国鉄線ではそのようなことはなく、昭和26（1951）年には、底開きではなく側開き式溶接構造車体（車体の底はW型で左右の側開き戸を同時に開いて石炭を放出する）セキ3000形式30トン積石炭車が誕生した。後に耐候性鋼板を使用したセキ8000形式30トン積石炭車が昭和56（1981）年に誕生した。

＊車掌車：車掌車は貨物列車の運転指導・荷扱い車掌の乗務用車両として使用される車両で、車掌の執務用の設備のほかに、車掌弁・手ブレーキを備えている。貨物室を持たない点が緩急車と異なる。昭和25(1950)年に初めて石炭ストーブを備えたヨ3500形式車掌車が製造された。昭和26（1951）年製造のものからは車軸発電機とバッテリーが備えられ、電灯装置とストーブを装備した本格的な車掌車の登場となった。ヨ3500形式はその後2段リンク化改造され、75km/h運転が可能なヨ5000形式に生まれ変わった。

3.8　高度経済成長時代の貨車

わが国の経済社会は、昭和20（1945）年代の終わりと共にあらゆる経済指標が戦前水準（昭和9（1934）～11（1936）年）を上回ったことをもって戦後復興を完了した。昭和31（1956）年度の経済白書が「もはや戦後ではない」という有名なキャッチフレーズを残したのはこのような根拠によるものであった。わが国は劇的な技術革新を果たし、高度な経済成長を開始した。既存の欧米の技術導入により、火力発電、電気機器、自動車などで外国からの基本技術に加え、日本独自の応用技術を織り交ぜ改良して実用化した。また高分子化学、エレクトロニクス、オートメーション、原子力などの分野でも新技術開発と技術導入の両面から新技術を消化していった。

3.8.1　貨車の大量生産

昭和34(1959)年に岩戸景気が始まり､昭和36(1961)年がそのピークで実質経済成長率15.6%を記録した。その翌年、昭和35（1960）年には池田勇人首相が所得倍増計画を発表し、消費･レジャーブームが起きた。この好景気はいざなぎ景気となり昭和46（1971）年のドルショック（1ドルが360円から308円に切り上がった）まで続いた。

国鉄は産業構造全体の重化学工業化と都市人口集中ならびにビジネス旅客・貨物の激増など高度経済成長に伴うあらゆる方向での変革期を迎えた。貨物輸送は昭和31（1956）年に476億トン・kmに至り、昭和35（1960）年度には543億トン・kmに達した。特に主要幹線における増加率は激しく、太平洋ベルト地帯の形成と軌を一にした需要の躍進が見られた。

あらゆる産業分野を包含して高度経済成長の原動力となった技術革新は、昭和20（1945）年代後半に芽生え、整備されたとされているが、国鉄においては既に電化ならびに電車による動力分散方式の採用、ディーゼル化、貨物輸送の近代化によりまずその第一歩を踏み出し、一般産業よりも先行していた。

それでも国鉄は慢性的な輸送力不足の状態が続き、輸送力の増強が強く求められるようになり、貨車の新造･増備を重点的に進め､昭和32(1957)年度には6,600両を新製した。一方、進出著しいトラック輸送に対抗するするとともに顧客のニーズに即した輸送体制を形

成するために、国鉄は新しい小口輸送の研究を開始し、輸送の近代化に即した貨車の開発に取り組んだ。一つは、輸送の近代化と大量生産に適した貨車構造の開発であり、軽量構造で戸口幅を広くした有蓋車とパレット輸送に適した側総開き式の有蓋車の開発であった。もう一つは、本格的なコンテナ専用車の開発であった。ドア・ツー・ドアの小口輸送に最適なコンテナ輸送用の中速の貨車を製作し、国鉄は昭和 34（1959）年 11 月から東京・汐留〜大阪・梅田間でコンテナ専用列車を始めた。これは鉄道とトラックによる本格的な共同一貫輸送の幕開けとなった。

国鉄は昭和 30（1955）年代には旧型貨車の取替えと輸送力増強のために新形式の有蓋車、無蓋車などの汎用貨車を主体に増備を進め、3 万 6 千両を廃車し、5 万 7 千両余りを新製した。特に東京オリンピックの年、昭和 39（1964）年には 1 万 1 千両という年間最大の貨車を新製して、日本の産業発展に尽くしたことは特筆すべきことである。

3.8.2　新時代の貨車

＊　新型有蓋車

昭和 33（1958）年に、積載効率を向上させ、建造コストを低減することに重点を置いた新しい構造の貨車が設計された。それはこれまでにはなかった大型プレス材を妻板、引き戸板に採用、また台枠、屋根、側構え、妻構えをそれぞれ別個に溶接組立てし、全体の組立てを歪の出ないリベットで行うなど軽量化構造を目指した。それが入り口幅を 2.3 mに拡大してパレット荷役の機械化に対応したワム 70000 形式の開発となった（図 3.12 参照）。

図 3.12　国鉄　昭和 33（1958）年〜 35（1960）年
ワム 70000 形式　15 トン積有蓋車　ワム 90000 に代わる標準有蓋車で広い入り口を持ち、鋼板プレスのブロック組立て構造を取り入れた近代化された設計。

昭和 36（1961）年には戸口幅を更に広げて 2.7m にし、車体幅も広げた全溶接構造のワム 60000 形式が製造された。これと時期を同じくして側総開きの貨車ワム 80000 形式が誕生した（図 3.13 参照）。これは 4 枚の側扉を左右に移動させることにより、貨車のどの位置からでもパレットに乗せた貨物をフォークリフトで荷卸しが出来る構造である。（有蓋車の技術発達に関しては第 4 章で記述する）

図 3.13　国鉄　昭和 35（1960）年〜 56（1981）年
ワム 80000　15 トン積有蓋車
貨物をパレットに積んだままフォークリフトによる荷役が可能な有蓋車。側は総開きで塗色はとび色。愛称「ワムハチ」。昭和 35（1960）年から昭和 56（1981）年までに 26,000 両余り製作された。

＊　新型無蓋車

国鉄は有蓋車ばかりでなく無蓋車でも軽量化、容積拡大を図った。昭和 30（1955）年に車長の長いトラ 30000 形式を製作し、次いで車長の短いトラ 35000 形式を新製した。昭和 31（1956）年に 15 トン積無蓋車トム 60000 形式が戦時設計の 3 軸車トキ 900 の改造から生まれた。最初から 2 段リンク式とし、軸距を 4,300㎜ に長くして走行安定性を向上した。

昭和 35（1960）年にはワム 60000 形式と同じ台枠を使用した 17 トン積みトラ 40000 形式を製作し、更に鋼板床の 17 トン積みトラ 45000 形式へ発展し、無蓋車の近代化がすすめられた。昭和 37（1962）年に製作されたトラ 55000 形式は更に軽量化を図るため、煽り戸を鋼板とした 18 トン積全鋼製無蓋車となった。（無蓋車の技術発達に関しては第 4 章で記述する）

＊　コンテナ輸送車

平成 20（2008）年の現在、日本貨物鉄道株式会社の主力は有蓋車や無蓋車の輸送に代わって、コンテナ輸送である。コンテナ輸送は国鉄時代の昭和 34(1959) 年にチキ 5000 形式（後のコキ 5500 形式）を使用して始まった。チキ 5000 形式は、初めてコンテナ専用車として開発された貨車で、円筒コロ軸受けを採用した新設計の TR63 台車、積空切り替え装置（第 5 章 1-4-(3) 項参照）付きの AD 空気ブレーキなど新技術が採用され、魚腹型側梁の台枠、コンテナ緊締装置などの

基本構造は現在も受け継がれている。このあと、コンテナ輸送は速度向上、大型コンテナ輸送などへと発展していく（コンテナ車の技術発達に関しては第4章で記述する）。

3.9 貨車の近代化　新型貨車・高速貨車開発

昭和30（1955）年代後半になると、石炭・鉱石などの一次産品の鉄道輸送が減少し、代わって工業製品を中心とする2次産品の輸送が大きく伸びていった。そして、道路・港湾の整備とあいまって、トラック・内航海運による輸送が大きく伸び始めた。

この時代を振り返ると、東京オリンピックあり、東海道新幹線開業ありなど日本全体が池田勇人首相の所得倍増計画やいざなぎ景気といわれる経済成長に向かって輝いていた。本稿の趣旨は貨車の技術発達に関する調査であるが、新幹線の開業は、貨車設計・貨物輸送に携わる者にとっても、それが世界各国に日本の復興・技術力を高く印象づける誇らしいものであった。そして貨車関係者もまた新幹線に負けじと新型貨車の開発を進めた。その一方で、国鉄の経営は昭和39（1964）年に赤字に転落した。幸い輸送需要は底堅く、相応の輸送力増強と経営改善を同時に並行して進めることになった。

貨物輸送部門においては、幹線における輸送需要は衰えず、輸送力増強のため東北、上越、中央、北陸など幹線の線路増設工事を急ピッチで進めた。これに加え東京貨物ターミナル扱いを中心とする近代的な貨物専用駅の新設とともに、塩浜操車場を有する東京から小田原までの東海道貨物別線の開業や、武蔵野、京葉、小金の各線で構成する画期的な首都圏の環状貨物輸送ルートが完成した。貨車では、輸送サービスの改善を狙い、フレートライナーによるコンテナ輸送の拡充、物資別適合輸送の強化に乗り出し、昭和40（1965）年代後期には輸送コストの低減を目指して貨物駅の集約、余剰貨車の削減などが推進された。これに伴い、速度85㎞/h～100㎞/hの新型高速貨車の開発、高速コンテナ貨車・国際海上コンテナ貨車・フレキシバン貨車など新しい複合輸送用貨車の開発とともに、石油・自動車・鉄鋼コイル・小麦・飼料などの貨物を効率的に輸送するための物資別適合貨車が製作された。

昭和40（1965）年代は貨物輸送の近代化のための技術開発が盛んに行われ、新型貨車が次々と登場し、質・量ともに最も充実した時期になった。昭和43（1968）年10月（ヨン・サン・トーと呼ばれた）の時刻表改正から2軸貨車の2段リンク化の完了により貨物列車の運転速度は75㎞/hに向上した。

この時期に国鉄は新形式貨車を中心に4万7千両余りを新製し、老朽化した旧型貨車6万5千両を廃車して、貨車の体質改善を進めた。国鉄は昭和40（1965）年度、41（1966）年度にそれぞれ1万1千両規模の貨車を新製した。その結果、昭和44（1969）年度末の貨車総数は16万9,325両（国鉄貨車が15万1,699両および私有貨車他が1万7,626両）になり、国鉄史上最大の車両数になった。[22]

3.9.1　高速貨車（100km/h）の開発

国鉄は将来の貨物輸送近代化の対策として100㎞/hの高速貨物列車を走らせることを決め、開発に着手した。昭和40（1965）年3月にワキ10000形式30トン積高速ボギー有蓋車を試作した（図3.14参照）。これがはじめての高速貨車であり、速度110㎞/hまでの安全性を確認し、昭和41（1966）年にワキ10000形式のほかにレサ10000形式・レムフ10000形式冷蔵車、コキ10000・コキフ10000形式コンテナ車の5形式335両を製作した。これらは同年10月から運転を開始した東京～山陽・北九州間を結ぶ高速貨物特急列車で専用運用された。レサ10000形式はワキ10000形式と同じ台車・ブレーキを備えたドライアイス使用の高保冷の高速冷蔵車で、下関～大阪市場・東京築地市場への高速での鮮魚輸送に活躍した。

図3.14　国鉄　昭和41年（1966）　ワキ10000形式30トン積有蓋車　側扉はアルミ製　100km/h

3.9.2　高速コンテナ車の開発

国鉄は発展の著しいトラック輸送に対抗するためコンテナ列車のスピードアップを図ることとし、ワキ10000形式と同じ性能を持つ100㎞/h高速コンテナ貨車コキ10000、コンテナ緩急車コキフ10000形式を昭和40（1965）年に試作した。翌年には量産車を製作し、昭和41（1966）年10月から運転開始された高速特急貨物列車に使用した。コキ10000形式は荷重28.5t、5tコンテナ（長さ10.7ft）5個積の平床構造のコンテナ車であり、台車、ブレーキ装置、連結器などは100㎞/hの高速貨車としての装置を備えていた（図4.14参照）。　国鉄は昭和45（1970）年に

20ft・10tコンテナ2個、5tコンテナ1個を積載できるコキ5500を製作し、山陽ライナー（隅田川〜岡山操車場）で85km/h運転を開始した。また、この年にコンテナ車の標準化を目的に新設計のコキ9200形式が試作された。これは最高運転速度95km/h、軸重15t以下で20ft・10tコンテナも積載できる。全長を20,400mmに延ばし、新しいC20 形式コンテナの他に20ft・10t、30ft・15t、40ft・30tの各コンテナを積載でき、速度95km/hの性能を持つ金属バネ式台車と応荷重付きARSD空気ブレーキを装備した。

国鉄は昭和46（1971）年からコキ9200形式を改良したコキ50000形式37t積コンテナ車とコキフ50000形式28t積コンテナ緩急車を量産し、全国的に拡大したフレートライナー列車に使用した。コキ50000形式はコキフ50000形式も含めて昭和49（1974）年までに3,000両余り製作され、国鉄時代のコンテナ車の代表形式となった。

3.9.3　有蓋車・無蓋車

昭和40（1965）年ワキ5000形式が設計された。国鉄では昭和45（1970）年に入ると、輸送力の増大、速度向上、そして安全性の向上のために、今後製作する貨車はボギー車とする方針を打ち出し、ワム80000形式の製作を中断した。ワキ5000形式は100km/hの高速有蓋車ワキ10000形式の車体に、85km/hのTR63台車（この台車は後にTR216 となる）を備え30t積ボギー有蓋車の標準型となり、小口混載貨物や紙輸送用の急行貨物列車に多く運用された（図4.2参照）。

昭和43（1968）年に100km/hの高速冷蔵車レサ10000形式を85km/h化に変更したレサ5000形式24t積冷蔵車が製作され、主に八戸地区から東京市場への鮮魚列車に使用された。

無蓋車としては昭和41（1966）年に、トキ25000形式36t積ボギー無蓋車が設計された(図4.10参照)。これはあおり戸と妻構えを変形防止のため、プレス鋼板を止めて平鋼板にしたほか、軸受けに初めて密封形コロ軸受けを採用したTR213台車を装備した。昭和42（1967）年には、老朽化したトラ30000形式の取替えのため17t積トラ70000形式が製作された。これは軽量化と保守費の軽減のため全鋼製とし、地方会社線乗り入れも可能にするため車体幅を旧車両限界内に縮小した（図4.9参照）。

3.9.4　物資別適合貨車の開発

国鉄では昭和40（1965）年代に入ると専用貨車を使用して拠点間を大量・直行輸送する「物資別適合輸送方式」を推進することになった。石油・セメント・石灰石・自動車・飼料・鉄鋼・ガラス・ビールなどを物資別に拠点間を定時定型に輸送する方式のために、さまざまなタイプの物資別適合貨車を開発・製作した。昭和41（1966）年から物資別適合貨車のモデルとして、自動車輸送用のク9000形式12 t積車運車（量産車はク5000形式）、小麦・配合飼料などの穀物輸送用のホキ2200形式ホッパ車（図3.15参照）、鉄鋼コイル輸送用の屋根開閉式ワキ9000形式有蓋車、石灰石専用のホキ2500形式ホッパ車を製作した。ホキ2200形式ホッパ車は、卵型断面で下部をV字形にした有蓋ホッパ車体で、ホッパー下部に設けた2箇所の排出口は二重の引き戸式である。

図3.15 国鉄　昭和41〜49年（1966〜1974）物資別適合貨車　ホキ2200形式　輸入小麦・飼料をバラ積みする穀物用ホッパ車　内部は防錆のためエポキシ樹脂コーティングされている

＊自動車輸送車：鉄道による自動車（新車）輸送は昭和37（1962）年に私有貨車（シム1000形式、シム2000形式）により小規模にはじめられた。昭和40（1965）年になって2段積構造の私有貨車ク3000形式（日産自動車)が製作され､国鉄もその市場性に注目し、昭和41（1966）年に普通乗用車8台を上下2段に積む構造で最高運転速度85km/hの12トン積ク9000形式車運車2両を試作した。東小金〜笠寺間の試験輸送が好評のため、ほぼ同じ構造のク5000形式車運車を量産した。形鋼、鋼板による全溶接構造で、台枠、柱及び上段デッキによってトラス構造にしている。自動車の積み卸しは、列車の車端に可動式のランプウエイを据え付けて、自走で行う方式と固定式の積卸し台を使用する2種類の方式があった。

3.10　国鉄の再建

3.10.1　激減した貨車

拡大を続けてきた日本の経済は、昭和40（1965）年

代後半には下降調整局面に入っていた。そして昭和 48（1973）年 10 月第 4 次中東戦争が勃発し、原油価格の高騰などいわゆる第一次オイルショックが日本経済に大きな打撃を与えた。更に昭和 54（1979）年にはイラン革命による第二次オイルショックが起きた。

年々モータリゼーションは深度化し、日本の交通体系における鉄道のシェア低下はますます鮮明になっていった。鉄道の活躍分野は、新幹線による高速輸送と通勤・通学輸送が主体となり、それまで比較的に優位であった在来線特急輸送も、高速道路の延伸と道路予算の伸びに押されて、優位性を保てなくなった。国鉄は赤字ローカル線を抱え、再建策が議論されるようになり、貨物輸送も度重なる鉄道ストライキの発生と、厳しさに欠ける労働生産性の低下、不合理な賃上げによるコストアップ、運賃値上げなどが災いして信頼性と競争力を失い、低落の一途をたどり、国鉄離れが進んでいった。

国鉄は年々悪化する経営の建て直しのため、数次にわたり再建計画を策定し、減量化・体質強化を最重点に実施することになった。このため車両への投資は抑制され、車両の技術開発は停滞した。昭和 53（1978）年 10 月の時刻改正から輸送力削減型の改正が始まり、昭和 59（1984）年 2 月には「拠点間直行輸送方式への転換」を実施することになった。

この貨物輸送体制の一大変革によって、多くの貨車が余剰になり、昭和 50 年（1975）代における貨車の新製は極力押さえられ、新製はワム 80000 形式 2 軸有蓋車やヨ 8000 形式 2 軸車掌車など僅かにとどまり、余剰車両の再活用のための改造工事が主体になった。

貨車終結列車の大幅な削減により、10 年間で 10 万両余りに及ぶ大量廃車を進めた。かつて国鉄貨車（私有貨車を除く）は昭和 44（1969）年には 15 万 1,699 両を数えていたが、昭和 61（1986）年年度末には 1 万 9,356 両にまで激減した。

3.10.2　ワムハチの生産再開

オイルショックを契機とする景気停滞の中で、車扱い輸送が見直され、汎用有蓋車増備の要望が高まり、昭和 50（1975）年側総開き戸式ワム 80000 形式の新製が再開された。この新製車両は走行安全性を更に高めるため、軸距を拡大し、台枠及び床構造の強化を図り、これらに伴う自重増加を避けるために、側引き戸をアルミ製にした。昭和 56（1981）年までに 8,500 両が製作され、国鉄最後の新製車両となった。

3.11 日本貨物鉄道株式会社の発足から現在まで

3.11.1　JR 貨物発足

昭和 62（1987）年 4 月 1 日、6 つの旅客鉄道会社とともに日本貨物鉄道株式会社（JR 貨物）が発足した。国鉄が民営分割された年から始まるこの時代は、「バブル景気」と称される大型景気が頂点に達したあと、戦後最大の不況に陥り、デフレ経済が長期化した時代であった。JR 貨物は旧国鉄の貨物部門を引き継いで、コンテナ輸送と車扱い輸送を行う貨物鉄道会社である。貨車は旧国鉄貨車 1 万 7,525 両、私有貨車 1 万 4,047 両、計 3 万 1,572 両を引き継いだ。輸送方式は国鉄末期に改革されたコンテナ輸送と車扱い直行輸送の 2 方式になり、明治 43（1910）年より続いた貨車終結輸送は廃止になった。

＊貨車終結輸送とは：同一方面または同一区間行きの貨車を、指定の列車に一部または全部を、終結連結して輸送する方法をいう。この方法によって貨車の入れ替え作業を減らすこと、貨車の回転率が向上すること、輸送力の増加が図れることなどの利点がある。しかし、操車場または組成駅での列車中継のため、停車時間は 8 〜 10 時間に及び、表定速度は 5 〜 10km/h と低くなり、さらに、輸送経費がかさむ欠点があった。昭和 50 年代（1975 年代）に入って輸送量が少なくなり、速達化到着日時の確定、そして経費の低減を図るため、操車場経由の終結輸送は昭和 59（1984）年 2 月の列車時刻改正で全廃された。

＊表定速度とは：列車が駅間を走る時間だけでなく、これに途中駅での停車時分を加えた運転時間で、列車の運転区間の距離を割って得た速度を示す。

表定速度＝運転区間の距離÷運転時間（走行時間＋停車時分）

JR 貨物は暫く開発を中断していた新形貨車についてコンテナ車を中心に高規格貨車の開発・製作に着手し、運転速度と荷重を増やしたコキ 100 系及び 200 系コンテナを量産し、貨車の体質改善を図った。また、輸送の効率化のため貨車保有数の削減に取り組み、平成 11（1999）年度末に 1 万両を切り、平成 20（2008）年 4 月には 8,900 両までになった。その背景には、車扱い輸送をコンテナ化したことがある。有蓋車の多くは廃車になり、コンテナ貨車が JR 貨車の約 80％を占めるようになった。私有貨車はコンテナ輸送及びトラック輸送への転換により、約 10,700 両が廃車除籍となり、平成 20（2008）年 3 月末の登録両数は 3,566 両になった。

3.11.2　新系列高速コンテナ車開発

JR 貨物が誕生してからの大きな変化は、新しい営業政策の下で、新しい貨車の設計方針が打ち出されたことである。それは運転速度 110km/h の通勤電車並みの速度に挑戦したコンテナ車の設計であった。その皮切りとなったのが 40.5 トン積コキ 100 系高速コンテナ車開発である。110km/h での安全走行のためには新型台車や新型ブレーキ装置も開発しなければならなかった。コキ 100 系コンテナ車は全国の主要高速コンテナ列車に運用され、平成 20（2008）年 4 月には 5,058 両に達し、JR 貨物の主力貨車になっている。（コンテナ車の合計は 8,215 両）高速コンテナ車については第 4 章で詳述する。

図3.16 JR貨物　平成元年（1989）　コキ104形式コンテナ車　ユニット式でなく単独車使用　110km/h走行

一方、平成 12（2000）年には ISO 規格の総重量 24t タンクコンテナを 2 個積載できるコキ 200 形式 48t 積コンテナ車が試作され、平成 15（2003）年度末には 136 両運用されている。

JR 貨物は平成 18（2006）年度に既存のコンテナ車の各部を見直し、8 年ぶりの新形式となるコキ 107 形式コンテナ車を開発・試作した。コキ 107 は ISO 規格の 20ft コンテナ（総重量 20.32t）を 2 個積載（車端寄り）、また同コンテナ（総重量 24.0t） 1 個積載（車体中央）を行うため、車体の上下曲げ剛性を大きくする一方で、走行性能に影響するねじり剛性をコキ 106 よりも小さくし、自重の軽量化も図るように設計された。[23]

3.11.3　スーパー・レールカーゴ

JR 貨物は「将来に亘って鉄道輸送を維持・発展させるためには、貨物鉄道輸送の質的転換が不可欠である」との認識に立ち、新しい時代にマッチした「コンテナ電車」を開発した。これは宅配便を鉄道輸送した場合、トラックターミナルと貨物駅間の輸送時間や、駅でのトラックから貨車に積み替える荷役時間が、トラック直行輸送と比べ余分にかかるため、これを列車の運転時間の短縮でカバーし、トラックと同等の輸送時間とする構想に基づいたものだった。平成 13（2001）年から 3 年かけて時速 130km/h の電車式コンテナ車 M250 が完成した（図 3.17 参照）。

M250 は一編成 16 両で 31ft コンテナ 28 個を積んで、平成 16（2004）年 3 月に東京貨物ターミナル駅と大阪の安治川口間で営業運転を開始した。運転時間は 6 時間 12 分である。途中停車駅での時間も含めた表定速度は 90.6km/h で、貨物列車としては世界最高速度の列車になった。（ちなみに、昭和 39（1964）年まで東京―神戸間を運転していたビジネス特急「こだま」の表定速度は 84km/h であり、これをしのぐ高速列車となった）。環境面では 1 日あたり大型トラック 56 台分の宅配貨物を鉄道輸送に転換し、これによる二酸化炭素の排出量の削減は年間で 14,000t が見込まれている。（M250 系の詳細については 4.3.1.（10）項参照）

図 3.17　佐川急便が利用しているコンテナ電車 M250（出典：JR 貨物「パンフレット」）

3.11.4　ロング・パス・エキスプレス

午前 11 時と午後 10 時過ぎの昼夜 2 回、10t 級大型トラックが愛知県の広大な貨物ターミナル・名古屋南貨物駅に次々に集まってくる。トラックの荷台にあるコンテナには「TOYOTA」の文字。トップリフターという大型荷約機で持ち上げられ、通称「トヨタ列車」と呼ばれるトヨタ自動車の専用列車「トヨタ・ロング・パス・エキスプレス」に積み替えられていく。

一列車に 31ft コンテナ 40 個を積載し、約 900km 離れた岩手県の盛岡貨物ターミナル駅まで、ノンストップで毎日運行している（図 3.18 参照）。コンテナの中身は自動車生産用部品。全量をトヨタ系車体組立てメーカー、関東自動車工業の岩手工場に向けて運んでいる。

従来は内航船とトラックを利用して運んでいたトヨタだが、二酸化炭素削減など環境対策を踏まえ、平成 18（2006）年 11 月に鉄道輸送を開始した。平成 19（2007）年には第二便を増発した。これは年間 20 万トン分の自動車部品、おおよそ小型車 20 万台分に相当する。

このトヨタ列車に使われているのが第4章4.3.1(6)及び(7)項で取り上げたコキ104と106形式コンテナ車である。[24]

図3.18　京浜東北線蕨駅付近を走るトヨタ列車の先頭部　貨車はコキ104形式とコキ106形式を使用している。

引用文献：

1. 「写真で見る貨物鉄道百三十年」 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　P12
2. 「驀進・日本車輌80年のあゆみ」 日本車輌製造株式会社編集・昭和52年発行　P6
3. 「未来へ続く100年の歴史」川崎重工業株式会社編集・平成19年発行　P94
4. 「驀進・日本車輌80年のあゆみ」 日本車輌製造株式会社編集・昭和52年発行　P160
5. 「日車の車両史・創業から」鉄道資料保存会編集・平成8年発行　P38
6. 「日車の車両史・創業から」鉄道資料保存会編集・平成8年発行　P66
7. 「日車の車両史・創業から」鉄道資料保存会編集・平成8年発行　P84
8. 「写真で見る貨物鉄道百三十年」 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　P60
9. 「日車の車両史・創業から」鉄道資料保存会編集・平成8年発行　P150
10. 「写真で見る貨物鉄道百三十年」 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　P86
11. 「鉄道技術発達史・1958」日本国有鉄道・工作局編集・昭和33年発行　P1106
12. 「写真で見る貨物鉄道百三十年」 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　P91
13. 「鉄道技術発達史・1958」日本国有鉄道・工作局編集・昭和33年発行　P1110
14. 「日本の貨車」日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行　P187
15. 「写真で見る貨物鉄道百三十年」 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　P95
16. 「驀進・日本車輌80年のあゆみ」 日本車輌製造株式会社編集・昭和52年 発行　P171
17. 「驀進100年・第1部」日本車輌製造株式会社編集・平成9年発行　P103
18. 「日車の車両史･創業から」鉄道資料保存会編著･平成8年発行　P202
19. 「日車の車両史･創業から」鉄道資料保存会編著･平成8年発行　P200
20. 「驀進・日本車輌80年のあゆみ」 日本車輌製造株式会社編集・昭和52年発行　P203
21. 「驀進・日本車輌80年のあゆみ」 日本車輌製造株式会社編集・昭和52年発行　P205
22. 「貨物鉄道百三十年史」日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　下巻　P427
23. 「コキ107形式コンテナ車の概要」小川久雄　日本鉄道技術協会誌Vol.51.5　平成20年発行　P33
24. 「週刊東洋経済・鉄道革命」 東洋経済新報社　2008　4/19号　P60

4 主要な貨車の構造と技術発達

第3章では明治から平成まで時代の大きなうねりの中で、多くの貨車が産業・経済・文化とかかわりをもって歩んできた姿を記述した。第4章では主要な貨車を取り上げて、その構造と技術発達の過程、それが現在の貨車に影響を及ぼした技術開発などについて述べる。

4.1 有蓋車の技術発達

4.1.1 有蓋車の主要緒元と各形式別構造

(1) フワ30000形式12トン積有蓋車
大正元年(1912) 手用制動機室付

明治5年(1872)に鉄道が開業し、その1年後に英国から輸入された貨車75両を使ってわが国の貨物輸送が開始された。車体は木製で長さは15ft(2,286mm)、荷重は5～6トン、自重は約4トンであった。明治29(1896)年には、わが国で民間による鉄道車両の本格的な製造が始まり、長さ15～18ft、荷重7～8トン積が製作されるようになった。

現在の貨車には自動空気ブレーキ装置が装備されているが、明治から大正にかけての貨車には、貨物列車に貫通ブレーキ装置がなかった。この時代には貨車にブレーキマンが乗務して手ブレーキを操作する制動手室を設けていた(図3.3参照)。当時はブレーキのある貨車とブレーキもない貨車があって、フワ30000形式は制動車の役割も兼ねていた。列車監視のために制動手室を妻側の一端の屋根よりも一段高い位置に設け、制動手室へは両側の梯子で登った。荷重はそれまでの7トンから12トンに大型化された。

フワ30000の次に、大正3(1914)年に車体の高さを高くして、荷重を14トンに増やしたワ19780形式が現れた。この貨車は馬の輸送に適する有蓋貨車であることから「ム」の記号が付され、ワム19780形式になった。これが貨車の記号「ム」の起源といわれている。この当時は軍用馬の輸送は軍事上極めて重要であり、車内には馬をつなぐ輪環がついていた。また妻構えには通風口が設けられていた。大正4(1915)年には、車体幅を広くして、荷重を1トン増やしたワム23000形式が設計された。初めての15トン積を可能にした。まだ木製であるが、引き戸は鋼製である。

表4.1 有蓋車の主要緒元 [1]

形　式	全長mm	荷重　t	容積　m^3	製造初年	製造両数	記　　事
フワ30000	7969	12	27.2	1912	1,401	木造・車端に制動手室付
ワム23000	7760	15	36.5	1915	1,600	羽目板木製・柱鋼製・最初の15t積
ワキ 1	13930	25	73.6	1930	740	ボギー車・台車はTR24
ワム23000	7850	15	37.6	1938	3,645	鋼製
ワム50000	7850	15	38.0	1940	18,811	羽目板木製・柱鋼製
ワキ1000	13950	30	73.6	1949	1,515	ボギー車・TR41台車
ワム90000	7850	15	37.6	1953	5,710	初の2段リンクバネ吊り装置取付け
ワム70000	7850	15	38.1	1958	5,710	戸口幅を1.7mから2.3mに拡大
ワム60000	7850	15	38.1	1960	8,580	戸口を2.3mから2.7mに広げた
ワム80000	9650	15	52.0	1960	17,606	側総開き式(合計26,605両)
ワキ5000	15850	30	87.8	1966	1,515	側総開き戸式　TR63B 85km/h
ワキ10000	15650	30	87.8	1967	191	側総開き戸式　TR203 高速100km/h
ワラ 100	8950	17	47.3	1962	1	アルミ車体で荷重を2トン増やした

注:ワム80000の両数17,606両は昭和39年度(1964)までの分を示す。合計では昭和56年(1981)までに26,000余りが製造された。

(2) ワキ１形式　25 トン積ボギー有蓋車
客車並みの高速 95km/h 貨車
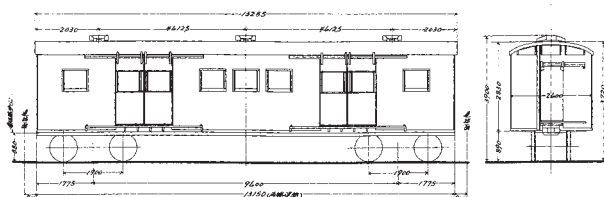
図 4.1　鉄道省　昭和５年（1930）ワキ１形式
小口輸送のために開発された 25 トン積　初の２軸ボギー有蓋車形式図[2]

ワキ１形式は昭和 12（1937）年から汐留―梅田間を約 15 時間で運転する「急行宅扱貨物列車」に使われたもので、客車と同じ車両限界を使い、急行列車並みの速度で運転できる画期的な貨車だった（図 4.1 参照）。有事の際に軍事輸送として使えるように急行列車に連結できる構造になっていた。そのため最高速度を 95km/h に上げて、客車と同様の枕バネと軸バネをつけた TR24 台車を採用した。屋根には３個のガーランド式通風器を設け、側引き戸を両開き式に２枚引き戸（戸口幅 1,800㎜）とし、各引き戸に窓があった。

(3) ワム 23000 形式　15 トン積有蓋車
木製から鋼製になった初の 15 トン積

これは木製から鋼製に設計変更されて戦前から戦後にかけて大量に作られた 15 トン積有蓋車である。戦時中に 8,219 両製作された極限設計車トキ 900 形式（3 軸・30 トン積無蓋車、3.5.4 項参照）が戦後余剰になったので、1,600 両がこのタイプに改造されて有蓋車になった。妻構えの上部に通風口を３個取り付け、側板下部に風口を設置し、側引き戸の内張りとして羽目板が張られている。走行性能向上のために昭和 28（1953）年～ 43（1968）年に２段リンク化されて形式が変更されワム 90000 形式となっていく。

(4) ワム 90000 形式　15 トン積有蓋車
戦後第１世代の有蓋車・初の２段リンク付

ワム 90000 形式は筆者が鉄道車両製造会社に入社した昭和 33（1958）年頃に盛んに作られていた汎用車である（図 3.11 参照）。元は昭和 28（1953）年にワム 23000 形式を２段リンクに改造した 15 トン積有蓋車で、２段リンク式を始めて実用化した時速 75km の貨車である。昭和 29（1954）～ 33（1958）年に 3,395 両が製作されたほか、ワム 23000 形式から 150 両が改造され、790 両が戦時設計車トキ 900 形式やワム 50000 形式から改造された。JR 発足前の昭和 61（1986）年までに輸送合理化のために全車が廃車された。

(5) ワム 70000 形式　15 トン積有蓋車
第２世代・初の機械化荷役対応構造

昭和 30 年代の新時代に相応しい貨車のデザイン・コンセプトとして、軽量化し積載効率を向上させたワム 70000 形式が登場した（図 3.12 参照）。製造面でも大量生産に適した車体構造とした新設計で、昭和 33（1958）～ 35（1960）年に 5,710 両が製作された。昭和 36（1961）年から更に発展したワム 60000 形式に引き継がれている。車体は歪の出ないリベット構造とし、妻構え、側引き戸は大型プレス構造を採用し、ブロック組立て工法を取り入れた近代的な設計だった。パレット積貨物をフォークリフトで扱いやすいように戸口幅は従来の 1700㎜から 2300㎜に広げて、２軸車でははじめて両開きとし、従来のワム 90000 形式に代わる標準型有蓋車となった。

(6) ワム 80000 形式　15 トン積有蓋車
第３世代・総側開き戸式

ワム 80000 形式は昭和 32（1957 ）年に試作され、昭和 35（1960）年から昭和 56（1981）年までに 26,000 両余りが製作された（図 3.13 参照）。これはわが国の鉄道車両製造史上最多両数である。外部色は一般貨車と識別するため「とび色２号」とし、黒色一色のこれまでの貨車のイメージを一新した。21 年間に車体設計は何回か改良され、その都度車両番号で区別された。基本は側の４枚の引き戸を移動することによって、側のどの位置からもフォークリフト作業が出来る車体構造である。性能面でも最初の頃の側ブレーキは片側だけであったが、車両番号 83000 番以降は両側に装備した。ワムハチの愛称がついたワム 80000 形式は、ユーザーの貨物の形状・性状に合わせた物資別適合貨車として利用された。鮮魚やマグロ輸送用に保冷性を持たせるように改造したものや、屋根に開閉可能なスライド式の積み込み口を設けて大型ガラス板輸送用に改造されたもの、またビール輸送では JIS パレット（1100 × 1100㎜）と異なるパレット（1100 × 900㎜）が使用されるため、一般のワムハチでは側柱が支障し、効率よく詰め込めなかったので、昭和 45（1970）年にはビール専用パレットに適した物資別適合貨車が 470 両製作され、各地のビール工場で専属使用された。また製粉業界で使用されているパレット（1250 × 1050㎜）にも適合するワムハチも製造された。

ワムハチは昭和 50（1975）～ 56（1981）年にも 8,500 両が造られた。フォークリフトによる車内乗り入れ作

業に耐える床構造、走行安定性向上のため、軸距を延長し、これに伴う自重の増加を抑えるために、側引き戸をアルミ合金製にした。このクラスは車両番号が280000番台である。これらの物資別適合ワムハチは、徐々にコンテナ輸送に置き換えられている。280000番台は平成に入って車軸の軸受けを、平軸受けからメンテナンスフリーのコロ軸受け（ローラベアリング）に改造されて、車番は380000番台に、塗色もとび色から青色に変わった。

(7) ワキ5000形式30トン積ボギー有蓋車85km/h
総側開き戸式　２軸ボギーの標準車

図4.2　国鉄　昭和40（1965）～44（1969）年
ワキ5000形式30t積ボギー有蓋車　ワムハチを大型化し、側総開きで24個のパレットを積載できる。

高速有蓋車ワキ10000（4.1.1.（8）項参照）の設計と並行して時速85km系の汎用大型貨車として、パレット貨物用側総開き式の30トン積ボギー有蓋車ワキ5000形式が製作された（図4.2参照）。車体の基本はワムハチを大型化し、両側はそれぞれ4枚の引き戸となっていて、どの部分でも自由に開閉できる。当初の車体はワキ10000形式と基本的に同じであったが、その後、軽量化とコスト低減のため屋根にもコルゲート鋼板を使用した。内部はパイプの仕切りによって4区画に分かれており、標準パレット24枚が積める。仕切りパイプを取り外して上部に格納すれば一般有蓋車としても使用できるので、ワキ1000形式に代わってボギー有蓋車の標準形となった。オートバイ輸送用に室内に固定金具を取り付けたもの、新聞巻取り紙専用に床を強化合板で補強したものなど物資別にいくつかのタイプが作られた。昭和40（1965）～45（1970）年に全部で1,515両が製作されたが、コンテナ輸送への転換によりほとんどが廃車となった。屋根がスライドして開閉する有蓋車ワキ9000形式や、20枚に分割された屋根板を車端に設けた格納室に立てかけるワム49100形式などもこの頃に開発された。

(8) ワキ10000形式30トン積高速有蓋車
初の空気バネ台車付高速貨車

わが国で新幹線が開業（昭和39年（1964）10月）したころから、国鉄は貨物輸送面でも高速化を図ることになった。昭和41（1966）年時速100km系高速貨車としてワキ10000形式が設計された(図3.14参照)。ワキ10000形式は、ワムハチと同様の側総開き戸式の車体で､軽量化を図るため側引き戸をアルミ製とした。初めての高速貨車であり、速度110km/hまでの安全性を確認した。貨車として初めて空気バネ台車TR93（量産車はTR203　）を装備した。ブレーキ装置は空走時間の短縮と積空（第5章1-4-(3)参照）の荷重条件に対して、連続的に制御できる応荷重付き三圧力式制御弁を使用したCLE電磁空気ブレーキ装置が始めて装備された。

空走時間とは：ブレーキをかけて直ぐに最大の制動力を発揮できるわけではない。機関車のブレーキ弁を操作すると、各貨車に搭載された制御弁が作動して、空気溜め（エアータンク）の高圧圧縮空気がブレーキ管を通してブレーキシリンダに送られる。ブレーキシリンダのピストンからブレーキテコ、ブレーキ棒を介して、制輪子が車輪に押し付けられることによりブレーキがかかる。この間僅かなタイムラグが発生する。ブレーキ弁を操作してから実際にブレーキがかかるまでの時間が貨物列車の空走時間である。また空気ブレーキでは、1両目から最後部の貨車にブレーキ弁による減圧が伝わるまでに数秒のずれが生じる。一つの列車の全車両同時一斉にブレーキが作動するわけではない。この作動遅れを改善したのが電磁空気ブレーキである。

(9) ワラ100形式　17トン積有蓋車
わが国初のアルミ合金使用有蓋車

図4.3　昭和37年（1962）
ワラ100形式　わが国初のアルミ車体の有蓋車

ここに示すワラ100形式は技術的にユニークな貨車構造である。有蓋車にアルミ合金が使われたわが国最

初の設計である（図 4.3 参照）。

これまで取り上げた貨車はすべて国鉄（JR 貨物）が所有していたものであるが、ここに取り上げるのはいわゆる私鉄の貨車である。秩父鉄道は昭和 37(1962) 年、貨車の軽量化により積載量増加を狙ったアルミ合金製のワラ 100 形式を製作した。この貨車は走り装置・連結装置・ブレーキ装置などを除いて、車体・台枠に全面的にアルミ合金を使用した。構造・概観は国鉄のワム 70000 形式とほとんど同一であるが、車長は車両限界と荷重増大の関係から 1400mm 長くなっている。車体の側・妻・屋根はいずれも厚さ 3.2mm、床板には 6mm の耐食性に優れた NP5/6 － H34 （現在の JIS　A5083P.H32 に相当）を、台枠などの強度部材には溶接や組立てが容易で、接ぎ手強度が大きく耐食性に優れた NP5/6.F（現在の JIS　A5083P.H112 に相当）を、柱・長桁・垂木などには押し出し並びに加工の容易な NP5/6S.F（現在の JIS　A6061S.T6 に相当）を使用している。この結果、自重は 7.7 トンになり、鋼製有蓋車に比べて約 2 トンの軽量化が実現し、荷重 2 トンの増加が可能になった。

アルミ合金の台枠が 7km/h の車端衝撃力試験に耐えるのか、3 元合金の溶接が可能かなど技術開発テーマはたくさんあった。当時まだ新幹線電車の車体は試作開発中で鋼製であったが、その後昭和 54（1979）年に試作された東北新幹線向け 925 形電車（量産車は 200 系で昭和 59（1984）年に登場）にアルミ車体が、更に平成 4（1992）年に登場した 300 系新幹線電車（のぞみ号）にアルミ車体が採用された。500 系、700 系、また最新形の N700 系新幹線電車もすべてアルミ車体である。

車端衝撃力試験とは：停止している被試験車両に機関車から切り離された貨車を突放し、5 ～ 7km/h の速度で打当てて、車体の強度を測定する試験である。

4.2　無蓋車の技術発達

今では無蓋車は余り見かけなくなったが、かつては有蓋車と並び貨物輸送の主力であった。明治から戦後までは石炭・木材・鉄鉱石など、近年では大板ガラス・鉄鋼コイル・木材チップ・原木・みがき薄鋼板輸送に使われた。最近は多くの貨物がコンテナ化されて、無蓋車での輸送は少ない。無蓋車にもいくつかの技術発達があり、今でも明治時代に活躍した無蓋車が「貨物鉄道博物館」に保存されており、貨車の始まりを知る

表 4.2 無蓋車の主要緒元 [4]

形　式	全長 mm	荷重　t	容積　m³	製造初年	製造両数	記　　事
ト 21600	7760	15	36.6	1914	2,096	木製・上部 3 枚固定・下部 2 枚があおり戸・中央両開き戸
ト 24000	7791	15	36.2	1917	6,993	木製・上部 2 枚固定・下部 3 枚があおり戸・中央両開き戸・長軸
ト　20000	6406	10	28.2	1933	7,380	
ト　35000	9058	17	44.5	1927	3,430	木製
トム　50000	8056	15	39.0	1940	13,360	木製・戦時設計
トラ　6000	8650	17	44.5	1941	6,472	木製・戦時設計
トキ　10	13600	35	66.7	1942	150	木製・ボギー車（TR20 ）
トキ　900	9550	30	49.7	1943	8,213	木製・3 軸車・戦時極限設計
トキ　15000	13800	35	74.5	1948	5,617	ボギー車（TR41 ）
トム　60000	8100	15	39.4	1956	600	トキ 900 からの改造転用車
トラ　45000	8010	17/15	41.4	1961	8,184	妻板と床を鋼板化
トラ　55000	8076	18/15	43.3	1962	3,205	全鋼製
トラ　70000	9456	17	44.5	1967	5,100	全鋼製
トキ　25000	14186	36		1966	4,500	耐候性鋼板使用・ボギー車（TR213）
トキ　1000	12000	42		1969	5	幌装置付き・ボギー車 TR214

ことが出来る。また東条英機首相がその完成を視察したといわれる戦時に行われた極限設計の 30 トン積無蓋車が、復元・保存されており（3.5.4 項参照）、先人が遺した技術の存在は、若い鉄道車両設計技術者が過去の経験を学ぶ絶好の対象になるであろう。
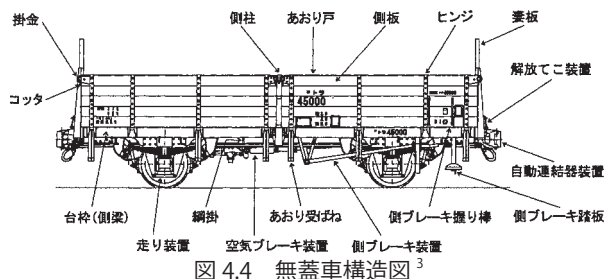
図 4.4　無蓋車構造図[3]

4.2.1 無蓋車の主要緒元と各形式別構造

（1）ト 21600 形式 15 トン積無蓋車
　　無蓋車で初の 15 トン積を達成
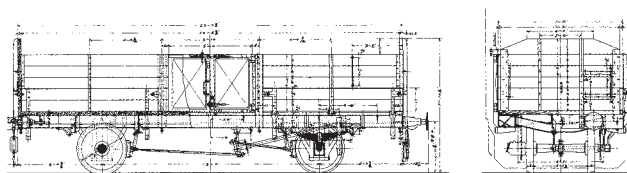
図 4.5　大正 3 年（1914）ト 21600 形式 15 トン積無蓋車形式図[5]

明治 6（1873）年貨物輸送が開始された当時の無蓋車は車体・台枠ともに木製で、全長４～ 5m、5 ～ 6 トン積のものであったが、その後輸送の発展に伴い、明治 20（1887）～ 30（1897）年代には 8 トン積が用いられ、次いで 9 トン積のものが標準無蓋車として用いられた。

大正 3（1914）年以降は基本車として 15 トン積み有蓋車と並んで 15 トン積無蓋車（ト 21600 形式）が作られたが、大正 9（1920）年度末においてもなお 9 トン積車は 15 トン積車に次ぐ両数を有していた。（9 トン積は 3,560 両、15 トン積は 5,572 両）。しかし、大正 7（1918）年以降これら 9 トン積以下の無蓋車は出来る限り 10 トン積みに改造する「増トン工事」が行われ、荷重 10 トン未満の貨車は使用禁止となった。「増トン工事」（3.3.2 項参照）では主に側板・妻板を高くして容積をかさ上げした。

大正 3（1914）年に初めて作られた 15 トン積無蓋車ト 21600 形式（図 4.5 参照）は、後に昭和 3（1928）年の車両称号改正でトム１形式となる。この無蓋車の車体は木製であるが、台枠は無蓋車では初めて鋼製になった。石炭の積載容量を確保するため車長を約 1,500㎜長くし、側板・妻板も約 350㎜高くした。昭和 34（1959）年までにすべて廃車になった。

（2）ト 24000 形式 15 トン積無蓋車
　　大正期を代表する無蓋車

図 4.6　大正 6 年（1917）ト 24000 形式 15 トン積無蓋車[6]

ト 24000 形式の基本構造はト 21600（4.2.1（1）項参照）と同じで、車体は木製である（図 4.6 参照）。車軸は短軸から長軸に変更されている。側板は下部半分が下方に開くあおり戸で上部は固定式である。中央に鋼製の観音開き式の開き戸を設けた。この構造は石炭などのバラ積貨物の積卸しには便利であったが原木などの積卸しには不便であったため、総あおり戸式がその後の標準構造になっていった。台枠構造は大正 7（1918）年から行われた自動連結器への取替え準備工事対応前後で変化している。（ト 24000 は後にトム 5000 形式になった）。

（3）ト 35000 形式 17 トン積無蓋車
　　野戦砲・長尺輸送車

昭和 2（1927）年軍部（陸軍）から野戦砲輸送の要求を受けて、ト 21600 形式の車体長を約１m長くし、幅も約 300㎜広げた初の 17 トン積無蓋車ト 35000 形式（後にトラ１形式）が製作された。観音開き式の開き戸を止め、4 枚板のあおり戸にし、内法寸法を 8,130㎜にして、２間物（長さ 3.6 ｍ）の丸太などを長手方向に 2 列積載できるため、長尺物の輸送に便利だった。

（4）ト 20000 形式 10 トン積無蓋車
　　初の含銅鋼板製車体

10 トン積から大型の 15 トン積が開発されたが、昭和 6（1931）年の満州事変の頃からわが国は準戦時体制に入り、不況の影響を受けて小型貨車の要請が高まり、昭和 8（1933）年に 10 トン積ト 20000 形式が製作された。寿命を延ばすためあおり戸も妻構えも鋼製になったが、床は木板張りだった。鋼板には耐食性のある含銅鋼が初めて採用され、初期にはリベットにより組み立てられた。従来車よりも車体幅を広くしたた

め、側高さは低くなった。

(5) トキ10形式35トン積無蓋車
　戦時中最大荷重の無蓋車

図4.7　明治41年（1908）　南満州鉄道S.M.R　広軌1435mm　大型木造無蓋車（天野車両工場製）

明治から昭和まで無蓋車の多くが2軸車であったが、両数は多くはないが、大型のボギー車も使われた。明治13(1880)年に開業した北海道の幌内鉄道は、アメリカの技術を導入したため、創業期から手ブレーキ付き10トン積ボギー無蓋車を保有し、石炭輸送に使用した。この時期に既に自動連結器を備えていた。図4.7に示すように南満州鉄道向けに明治41（1908）年2軸ボギーの無蓋車が納入された。昭和12（1937）年に日華事変（日中戦争）が勃発し、昭和16（1941）年12月太平洋戦争が始まり、そのあと昭和17（1942）年に戦時輸送のため、初めて35トン積のボギー無蓋車トキ10形式が製作された。トキ10形式は台枠長を12,000㎜とし、片側4枚のあおり戸を備えた魚腹形中梁設計の台枠が使用された。台枠は中梁に溝形鋼を用い、その腹部を裂いて腹板を溶接し魚腹部を形成する方法が採られた。この魚腹設計はその後の長物車にも適用された（基本的アイデアは現在のコンテナ車へつながっている）。組立ては従来どおりリベット構造だった。野戦火砲輸送に備え、妻構え及びあおり戸を外して、長物車として使用できるように設計されていた。台車は資材節約のため短軸とした菱形のTR20を使用した。

(6) トキ900形式30トン積無蓋車
　２軸車で最大荷重の30トン積を実現

昭和18（1943）年に石炭輸送の強化のためトラ6000形式を改造して、中央に１軸を加えたトキ66000形式28トン積3軸車が登場した。同年に最小の資材で最大の積載量を得る貨車構造を検討し、トキ900形式が製作された。この無蓋車は貨車設計の歴史上余りにも有名で、戦時下の窮乏時に知恵を絞って設計された経緯は、第3章（3.5.4項・「30トン積無蓋車・究極の設計」）で詳述した。

(7) トキ15000形式35トン積無蓋車
　戦後初のボギー貨車（進駐軍の指示）

図4.8　国鉄　昭和22年（1947）　トキ15000形式35トン積ボギー無蓋車[7]

戦後、進駐軍の指導により昭和23（1948）年から大型ボギー貨車の製作が始まった。戦後最初のボギー貨車としてトキ15000形式35トン積無蓋車が2,700両製作され、木材、石炭などの緊急復興資材の輸送に役立てられた（図4.8参照）。この貨車の車体や台枠構造はトキ10形式と同様だが全長は200㎜長く、2間物の木材（約3.6m）を長手方向3列に積載できた。台車は台車側枠と軸箱を一体にした鋳鋼製ボギー台車TR41を始めて採用した。TR41台車はAAR（アメリカ鉄道協会）の貨車用標準台車を参考にして開発されたスリーピース・ボギーで、鋳鋼製のボルスタ（上揺れ枕：図5.9参照）の両端を左右の側枠にはめ込み、左右を結んだシンプルな構造である。当初台枠はリベット構造であったが昭和28（1953）年以降は溶接構造になった。昭和43（1968）年以降はトキ21500形式、トキ22000形式等の物資別適合貨物輸送車に改造されたものもある。昭和23(1948)～32(1957)年に5,617両が製作された。昭和40年代後半からは新型のトキ25000形式の増備に伴い、昭和61（1986）年までに廃車になった（スリーピースボギーについては5.3.2項を参照）

(8) トラ70000形式17トン積無蓋車
　SPA使用の軽量化設計車

図4.9　昭和42年（1967）トラ70000形式17トン積無蓋車

トラ 70000 はトラ 55000 形式の全長 8,076mm に対してこれは 9,456mm である（図 4.9 参照）。車体は腐食防止と強度増加のため、側、妻、床にはすべて耐候性高張力鋼板（SPA）を使用して軽量化と保守費の軽減を目指した。トラ 55000 形式と同じく積荷の固定のために床に埋木を設け、釘打ちが出来るようにした。２軸無蓋車では初めて両側ブレーキを採用した。昭和 42（1967）～ 44（1969）年に 5,100 両が製作されたが、現在ではほとんど在籍車はない。

(9) トキ 25000 形式 36 トン積無蓋車
　　わが国最大荷重の無蓋車

トキ 25000 は在来の一般用大型無蓋車トキ 15000 形式に代わって、昭和 41（1966）年に新しく設計された無蓋車である（図 4.10 参照）。耐久性の向上と木材節約の点から全鋼製とし、側板（あおり戸）と妻板は大型プレス材を用いて軽量化を図っている。妻、あおり戸、床は腐食防止のため高耐候性鋼板（SPA）とし、台車はコロ軸受の TR209 台車（昭和 45（1970）年製からコイルバネとオイルダンパを備えた TR213 台車）を採用した。（第 5 章 5.3.2(2) 項および表 5.1 参照）自重はトキ 15000 よりも 0.5 トン軽量化し、荷重を 1 トン増やして 36 トン積を実現した。昭和 41（1966）～ 50（1975）年までにいくつかの改良設計を経ながら 4,500 両製作された。平成 20 年 4 月現在 15 両在籍している。

図 4.10　昭和 41 年（1966）トキ 25000 形式 36 トン積無蓋車

かつては石炭輸送・材木・砂利・土砂・機械などの物資輸送に使用され、近年は鉄鋼大型コイル輸送にまで利用された無蓋車は現在ほとんどが廃車されてしまい、在籍しているのは僅かである。貨物ヤード経由の輸送が廃止されたことと貨物のコンテナ化がその背景にある。

4.3　コンテナ車の構造と技術発達

貨物輸送は物流の変化に対応した輸送体系の変化によって、従来からの貨車一両単位による有蓋車やタンク車のような車扱い輸送からコンテナ輸送へ移行している。現在、JR 貨物で輸送される貨物の大部分がコンテナ化されている。その一例を挙げれば、キャベツ・馬鈴薯・酒米・米・冷凍食品・飲料水・ビール・食用油・小麦粉・洗剤・宅急便・自動車部品・合板・鋼材・塗料・液化天然ガスなど生活関連物資・機械工業関連製品など多岐に亘っている。これらはかつて有蓋車や無蓋車、タンク車で輸送されていたものである。ジャストインタイム方式が生産面ばかりでなく、生活面でも要求されて、輸送形態がコンテナ化されてきた。それに伴い今日では高速のコンテナ貨車が貨物輸送の主流になっている。技術面ではより安全な高速輸送を追及してきた。昭和 35（1960）年頃は最高運転速度が 85km/h であったが、トラック輸送との競争と相俟ってコンテナ貨車の速度向上が図られ、高速化（85km/h~95km/h~100km/h~110km/h）と列車の長大化（1,000 トン～ 1,300 トン）が図られてきた。
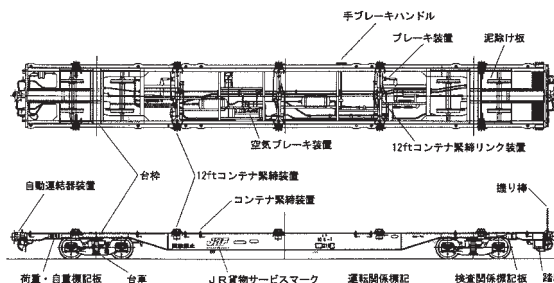
図 4.11　コンテナ車構造図 [8]

4.3.1 コンテナ車の主要緒元と各形式別構造

(1) チキ 5000 形式 32 トン積長物車
　　本格的なコンテナ車の誕生

図 4.12　国鉄　昭和 34 年（1959）
チキ 5000 形式　25 トン積コンテナ車 当時貨車の種別に「コンテナ車」を定めていなかったので長物車として分類し「チ」の記号を付けた。
コンテナ車の名称は、昭和 40 年（1965）に新設され「コ」が定められた。[10]

表 4.3 コンテナ車の主要緒元 [9]

形　　式	全長 mm	荷　重 ton	最高運転速度(km/h)	製造初年	製造両数	記　　　　事
チキ 5000	17,800	25	85	1959	57	後のコキ 5000 形式、実質 32 t 積
チキ 5500	17,800	34	85	1960	974	後のコキ 5500 形式
チラ　1	10,980	19	75	1962	55	5 t 3 個積　後のコラ 1 形式
コキ 10000	18,300	28	100	1966	495	5 t 5 個積
コキ 19000	18,300	34	100	1969	10	5,10,15,20 t コンテナ用
コキ 5500	17,800	34	85	1967	1,835	7000 番第は２ t 軽量化
コキ 1000	16,320	41	85	1968	70	国際海上コンテナ用
コキ 50000	20,400	37	95	1971	3,276	５ t 5 個、10 t 3 個積
コキ 50000	20,400	37	100	1985	370	250000 番台　５ t 5 個、10t3 個積
コキ 50000	20,400	37	110	1987	45	350000 番台　５ t 5 個、10t3 個積
コキ 100	19,910	40.5	110	1988	132	20ft 5 個、20ft 3 個、31ft 2 個
コキ 104	20,400	40.5	110	1989	2,944	20ft 5 個、20ft 3 個、31ft 2 個
コキ 106	20,400	40.7	110	1999	600	20ft 5 個、20ft 3 個、31ft 2 個
コキ 200	15,000	48	110	2000	136	国際海上コンテナ用
コキ 107	20,400	40.7	110	2008	144	コキ 50000　3,000 両を取り替える

現在のコンテナ輸送の嚆矢となる 5 トン積コンテナ（長さ 3,240mm）が昭和 34 年に作られた。同時に、5 トンコンテナを 5 個積載するコンテナ専用の長物車、チキ 5000 形式が製作された。これが本格的なコンテナ専用貨車の誕生であった(図 4.12 参照)。この当時、国鉄の車両称号規定に中に「コンテナ車」を表現するものがなかったのでチキ（長物車）となっていたが、後に「コキ」が制定されて、コキ 5000 となった。このコンテナ専用車は側梁が魚腹形の台枠に 5 トンコンテナの緊締装置を備えたもので、この台枠の基本構造は現在も受け継がれている。台車は新しく開発された 85km/h 用の TR63 が採用された。ブレーキは初の差動シリンダを使用した積空切換付き AD 自動空気ブレーキ方式で、積空切換はまだ手動だった。昭和 34（1959）年に 57 両製作された。

(2) コキ 5500 形式 34 トン積コンテナ車
　わが国初のフレートライナー専用車

コキ 5500（図 4.13 参照）は 5500 番台のほかに 7000 番台、8900 番台などがある。

7000 番台はコキ 10000 形式で開発された軽量台枠構造を採用した。側梁を T 形鋼の溶接構造にしたことなどにより、約 2 トン軽量化された。昭和 42（1967）～ 45（1970）年に 1,835 両製作された。台車

図 4.13　昭和 41 年（1966）　コキ 5500
本格的なコンテナ輸送のために製造されたコンテナ車
5 トン積コンテナを 5 個積載し最高速度は 85km/h。

は TR63B で速度は 85km/h である。45500 番台は 95km/h コンテナ列車増発に対応するため、昭和 63（1988）年～平成 2（1990）年に 243 両が 7000 番台から改造されたものである。台車は 95km/h の TR216A を、ブレーキは応荷重装置付自動空気ブレーキを装備した。8900 番台は昭和 45（1970）年に東京～岡山間の山陽ライナー用に 10 トンコンテナの積載を可能にした 85km/h のコンテナ車として 40 両が製作された。1 両に 10 トンコンテナ 2 個と 5 トンコンテナ 1 個を積載できる。

(3) コキ 10000 形式 34 トン積コンテナ車 100km/h
　わが国初の空気バネ台車付高速コンテナ車

ワキ 10000 形式、レサ 10000 形式などの 10000 系高速貨車（100km/h）の仲間として昭和 41（1966）～

図 4.14　昭和 41 ～ 44 年（1966 ～ 1969）
コキ 10000 形式　特急コンテナ列車用のコンテナ車
空気バネ台車 TR203 を採用

44（1969）年に 5 トンコンテナ 5 個積のコンテナ車コキ 10000 形式が 456 両製作された（図 4.14 参照）。車体はコキ 5500（5500 番台）と同様の魚腹形構造であるが、軽量化が図られた。連結器装置はブレーキ管と元空気ダメ管（図 5―4 照号 8 参照）を同時に連結できる密着式自動連結器を、ブレーキ装置は空走時間短縮とブレーキ制御応答を同期化させる応荷重装置付電磁空気ブレーキ（CLE 形）を採用した。台車はワキ 10000 形式高速有蓋車で試作した空気バネ台車 TR93 を改良した TR203 が使われた。コキ 10000 形式は平成 6（1994）年までに 100 系高速コンテナ車（コキ 100・コキ 101・コキ 102・コキ 103 形式など）に置き換えられていった。

(4) コキ 1000 形式 41 トン積コンテナ車
　　わが国初の国際コンテナ輸送専用車

昭和 42 年（1967）に国際貨物コンテナ輸送用としてコキ 9100 形式 2 両が試作された。コンテナは ISO 規格の 40ft、30ft、20ft コンテナとマトソン社の 24ft コンテナ、シーランド社の 35ft コンテナを積載可能にした。マトソン社のコンテナが 2,598mm と高いため台枠上面高さを 1,020mm、連結器高さを 870mm とした。妻方向の強度が弱い国際コンテナの保護のため、貫通構造の中梁中央に大型の油圧緩衝器を組み込んだ台枠緩衝装置を日本で初めて採用した。コキ 1000 形式は試作車コキ 9100 形式を改良した量産車で、昭和 43（1968）～ 44（1969）年に 70 両が製作された。高さ 8ft6in・長さ 40ft の XA 形コンテナを積載可能で、台枠を軽量化し自重を 19 トンに押さえた。台車は TR63E を密封コロ軸受（JT11）にした TR215（速度 85km/h）を採用した。コキ 1000 形式は JR 貨物発足前の昭和 61（1986）年に廃車になったが、国際貨物コンテナ輸送用コンテナ車はこのあと平成 12（2000）年に、最高運転速度 110km/h で 48 トン積コキ 200 形式が登場する。

(5) コキ 50000 形式 37 トン積コンテナ車
　　わが国初のマルチ対応コンテナ車 85 ～ 95km/h 系
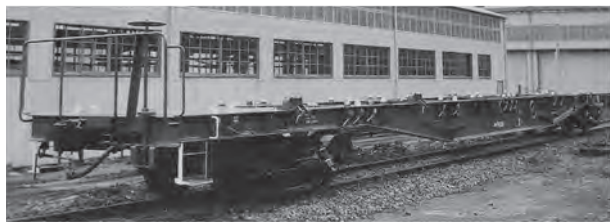
図 4.15　国鉄　昭和 46 年（1971）
コキ 50000 形式コンテナ車　各種大型コンテナを効率よく積載できる。最高速度 95km/h[11]

昭和 46（1971）年から 5 トンコンテナの標準形として C20 形式コンテナが開発され、これと並行して最高運転速度 95km/h 、軸重 15 トンで 20ft・10 トンコンテナも積載できる新しいコンテナ車を設計することになり、昭和 45（1970）年に試作車コキ 9200 形式が登場した。このコンテナ車は全長を 20,400mm に延ばし、新しい C20 形コンテナのほか 20ft・10 トン、30ft・15 トン、40ft・30 トンの各コンテナを積載でき、速度 95km/h の性能を持つ金属バネ式台車 TR99 と応荷重付 ARSD 空気ブレーキを装備した。昭和 46（1971）～ 62（1987）年に、コキ 9200 形式試作車の試験結果を反映したコキ 50000 形式が 3,418 両製作された（図 4.15 参照）。5 トンコンテナ 5 個または 10 トンコンテナ 3 個積を標準とした。ブレーキ装置は偏荷重機能を持った応荷重装置付自動空気ブレーキ（CL 方式）を採用し、列車の高速化・長大化に対応した。台車は TR99 を改良した TR223 となった。

コキ50000系は平成19(2007)年 4月1日現在で3,300両在籍しているが、順次、後述の次世代型コンテナ車コキ 107 形式（4.3.1.（9）項参照）に置き換えられる予定である。

(6) コキ 100 形式～コキ 104 形式　40.5 トン積
　　わが国初の高速 110km/h コンテナ車

図 4.16　JR貨物　昭和63年(1988)コキ100＋コキ101形式
4 両ユニット型コンテナ車　国際大型コンテナを積載
台車は FT1 で 110km/h 走行。

昭和 61（1986）年 11 月から運転を開始した最高運転速度 100km/h のスーパーライナーは需要が多く、

国鉄民営化１年後の昭和63（1988）年３月から東京貨物ターミナル駅～東広島駅間を11時間15分で結ぶ高速スーパーライナーの運転を開始した。この列車は宅配便などの積み合せ貨物輸送のため速達と到着日時の明確化が求められ、最高運転速度を110km/hに向上することにした。これまでにも昭和41（1966）年に開発されたコキ10000形式コンテナ車は当時では画期的な高速貨車であったが、速度は100km/h で、荷重が28トン積と小さく不十分であった。このため昭和62（1987）年に荷重も速度も時代の要請に応えることが出来る新型の100系（コキ100・コキ101形式）コンテナ車が開発された（図4.16参照）。このコンテナ車は最高運転速度を110km/hに向上しただけでなく床面高さを8ft6in（2591mm）の国際海上コンテナも輸送できるようにコキ50000形式よりも100mm下げて、1000mmにした。（1000mmを100cmと読み、これがコキ100形式命名の元になった）。荷重は長さ20ftコンテナを３個積載できるよう40.5トンとした。貨車としてはじめての110km/h運転を安全に実施するため、ブレーキ装置にはEA制御弁を採用した応荷重付のCLE電磁自動空気ブレーキ装置を、台車には高速台車TR223をベースに走行性能の改善のためオイルダンパ機構を改良し、軸バネに防振ゴムを装備したFT1台車を採用した。コキ101が両端に、コキ100が中央の４両固定ユニット式（コキ101・コキ100・コキ100・コキ101）のコンテナ車である。昭和62（1987）年～平成元（1989）年に132両が製作された。外部色は新たなJR貨物のコーポレートカラーである青灰色に、台車・床下は灰色１号に塗られた。

平成元（1989）年には電磁ブレーキ装置の配置を改良した４両１ユニットのコキ102・コキ103形式が作られた。また、４両固定式は中間連結部の電気連結器や開放テコ装置・腹心装置を省略し、製作コストの低減面で有利であるが、１両の不具合が発生すると、４両が休車することになるので、メンテナンス面を考慮して単独使用が可能なコキ104形式が平成元年～19（1989～2007）年に2,936両作られた。現在コキ104形式はコキ106形式と共にトヨタ・ロング・パス・エキスプレス（20両連結）にも使用されている。

(7) コキ106形式　40.7トン積コンテナ車
110 km/h系高速走行性能向上

従来の100系コンテナ車では総重量24トンの20ft国際コンテナを１個しか積載できなかった。平成9（1997）年にはコキ104形式の改良型としてコキ106形式が製作された。コキ106形式は車体を強化して総

図4.17　JR貨物　平成9年（1997）コキ106形式コンテナ車　単独運用車　荷重40.7ｔ　110km/h走行。

重量20.32トンの20ft国際コンテナを２個積載できるように荷重を40.7トンに増大した（図4.17参照）。走り装置は輪軸支持装置に軸ゴムとシェブロンゴムを組み合わせた複合ゴム式を採用したFT2台車に変更し、走行性能を向上した。

台枠の側梁は全長にわたって設け魚腹形を使用している。側梁は250×19mmのT形鋼と厚さ9mmの鋼板の溶接組立てでI形断面にしている。材料はSM490 溶接用構造鋼を使用している。側梁の高さは中央部で650mm、両端部では205mmとし、床面高さ1000mmを確保するため、コキ50000よりも側梁高さを70mm低くしている。中梁は２本の溝形鋼［250×90×9mmを使用し、端梁・枕梁に溶接し、この魚腹部に自動連結器の伴板をつけている。自動連結器装置にはピン付縦枠の自動連結器及びRD19 ゴム緩衝器を使用している。

連結器中心高さは低床化に伴い、レール面上から850mmとし、車輪の磨耗による高さ変動は835mm以上になるように調整されている。コキ106形式は平成9～19(1997～2007)年までに1,162 両製作された。

(8) コキ200形式　48トン積コンテナ車
110 km/h系　わが国最大の48トン積高速車

図4.18　JR貨物　平成12年（2000）コキ200形式（JR貨物カタログ）48 ｔ積コンテナ車ISO規格総重量24 ｔコンテナを２個積載できる。ユニット・ブレーキ採用。

輸送量が増加している総重量24トンの20ft国際貨物コンテナを効率的に輸送するコンテナ車コキ200形式が平成12（2000）年に製作された。コキ200形式はコキ106形式では１個しか積載できなかった総

重量24トンの20ft国際貨物コンテナを2個、総重量30.48トンの40ft国際貨物コンテナを1個積載できる（図4.18参照）。20ft、40ftコンテナ専用とし、車体長を15mと短くしている。空気ブレーキ装置は100系コンテナと同じ応荷重付電磁自動空気ブレーキ（CLE方式）で、応荷重機構を油圧式から空気圧式に変更し、信頼性を向上している。基礎ブレーキ装置は保守を容易にするため、初めてユニットブレーキを採用した。台車は積載重量増に伴う軸受の大型化とユニットブレーキを付けたことによりFT3となった。平成12～16年(2000～2004)までに153両製作された。

基礎ブレーキ装置とは：空気ブレーキ装置はいろいろな機器と配管から成り立っている。その中でブレーキシリンダから制輪子に至るまでのブレーキテコ、ブレーキ棒、ブレーキバリなどで構成する機構が基礎ブレーキ装置である。

(9) コキ107形式　40.7トン積コンテナ車
110 km/h系　次世代型高速コンテナ車

図4.19　コキ107形式　次世代型高速コンテナ車（2008年7月　JR貨物提供）

コキ100系は昭和46（1971）年度より量産化されたコキ50000形式（95km/h）を基本とし、コンテナの大型化に対応すべく積載荷重の増大及び床面高さの低減、更に最高運転速度110km/hの列車運用のため、電磁自動空気ブレーキの採用などの改良を加えたものである。その後、国際貨物輸送の拡大によってISO規格海上コンテナの輸送量が増えたため、総重量の大きなISOコンテナに対応が可能なコキ106形式が平成9（1997）年度に登場した（図4.17参照）。これまでも100系コンテナは逐次細部の改良が行われてきたが、3,300両余り在籍するコキ50000形式の老朽取替えをにらんで、次世代のコンテナ車コキ107形式が平成18（2006）年に試作された（図4.19参照）。

車体は従来のコンテナ車と基本構造は同じだが、自重18.6tと軽量化を図っている。台車はコキ200形式で使用したFT3台車に新しい試みとしてバネ下に防振ゴムを追加して走行振動の貨物に対する影響を軽減させることにし、各ゴムのバネ定数や側受の間隔を適切に設定することで、蛇行動と横圧の発生を防ぎ、最高運転速度110km/hでの走行安定性を図っている。

基礎ブレーキ装置は車体側に設けたブレーキシリンダからブレーキ力をテコ、押し棒を介してブレーキバリを動作させ、制輪子を車輪に押し付ける方式ではなく、コキ200形式で採用したユニットブレーキを各位車輪に一組ずつ装備している。ユニットブレーキの採用により、従来は必要であったピン、ブッシュなどの保守、ブレーキ調整作業が軽減される。コキ107形式は平成20年度に144両製作され、今後順次コキ50000からコキ107形式への取替えが計画されている。[12]

(10) M250系特急コンテナ電車 130 km/h
世界初の高速コンテナ電車

日本における宅配便輸送は昭和51（1976）年に開始され、その後急成長し、私たちの日常生活に欠かすことの出来ない存在になっている。宅配貨物は、輸送の速達性と定時制が重要なサービスになっているため、輸送距離が500km程度の中距離では時間的に直行輸送が有利なトラックの利用が大部分であり、鉄道は殆んど利用されていなかった。宅配貨物を鉄道輸送した場合、トラックターミナルと貨物駅間の輸送時間や駅でのトラックから貨車に積み替える荷役時間がトラック直行便に比べ余分にかかるため、これを列車の運転時間の短縮でカバーし、トラックと同等の輸送時間とすることを目的に、東京～大阪間を6時間余りで運転するコンテナ電車（スーパーレールカーゴ）が開発された。

図4.20　佐川急便が利用しているコンテナ電車M250コンテナ電車　先頭車（2008年10月・東京貨物ターミナル駅）。

運転時間を短縮するため、最高運転速度を東海道線での特急電車と同じ130km/h、曲線通過速度を「基本速度＋20km/h」とした。これは従来の機関車牽引列車に比べ最高速度で20km/h、曲線通過速度で15km/hの速度向上である。

コンテナ駅での荷役線への入換えは、通常はディーゼル機関車で行っているため入出線時間が長い状況で

あった。コンテナ電車は単独で入出線出来るため、入出線時間を短縮できるようにした。トラックとの積替えは、有蓋車に貨物を積み込むよりも時間を短縮できるコンテナ方式が採用された（図4.20参照）。コンテナは大型トラックの荷台寸法とほぼ同じ31ftとなった。電動車（M車）にコンテナ1個、付随車（T車）に2個、16両編成（4M12T）で28個積載できる。このコンテナは内容積を出来る限り拡大した背高仕様のものにしたため、M車、T車ともにレール面上床高さをコキ100系と同じ1000mmとする必要があった。このためM車は車体中央部を落とし込む車体構造とし、T車は通常の平床車であるが車輪径を50mm小さい810mmにした。M車の主電動機は1時間定格出力220kwの誘導電動機を使用した。

台車は130km/h対応の空気バネ式、ブレーキ装置は制御応答性に優れている電気指令式空気ブレーキを採用し、マイコン制御による発電ブレーキ併用応荷重機能付である。GPSを使用した列車位置検知システムを搭載し、コンテナ電車の運転位置を地上の端末で常に確認できるようにした。M250系コンテナ電車は、東京～大阪間の鉄道による輸送時間を大幅に短縮し、中距離における宅配貨物の本格的な鉄道輸送を実現した。

以上、代表的な貨車である有蓋車・無蓋車・コンテナ車の技術発達を記述した。貨車の設計上の優劣はLoad to Tare weight ratio（荷重に対する自重の比）で決まる。そのためには強度を犠牲にせずに軽量化を図らねばならない。これは海外においても同じ尺度で評価される。安定した速度向上もブレーキ性能も評価対象になる。軸重・車両限界が制限される条件下で如何にして顧客の満足を得て、ライバルメーカーに勝つか、それが鉄道車両メーカー技術者の使命である。系統化の歴史では出来上がった設計・製品をたどっているが、当時の設計図を調べていくと、実際にはその製品が出来るまでの設計者・製造担当者の知恵と工夫があったことを伺い知ることが出来る。

引用文献：

1. 「貨車形式図1971」国鉄・車両設計事務所編集・昭和46年発行　P1～3
2. 「日本の貨車」日本鉄道車輌工業会編集・平成19年発行　P121
3. 「日本の貨車」日本鉄道車輌工業会編集・平成19年発行　P182
4. 「貨車形式図1971」国鉄・車両設計事務所編集・昭和46年発行　P4～6
5. 「日車の車両設計図面集」鉄道資料保存会編集・平成9年発行　P276
6. 「日車の車両史・創業から」鉄道資料保存会編集・平成8年発行　P84
7. 「日車の車両史・創業から」鉄道資料保存会編集・平成8年発行　P201
8. 「日本の貨車」日本鉄道車両工業会編集・平成19年発行　P216
9. 「貨車形式図1971」国鉄・車両設計事務所編集・昭和46年発行　P8
10. 「写真で見る貨物鉄道百三十年」日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　P134
11. 「日車の車両史・100周年まで」鉄道資料保存会編集・平成9年発行　P138
12. 「コキ107形式コンテナ車の概要」小川久雄　日本鉄道技術協会誌Vol.51.5　2008　P33

5 貨車の装置別技術発達

貨車の構造は上回りと呼ばれる車体関係と、ブレーキ・走り装置などの下回りに分かれる。錆びにくく強い車体材料が開発され、その新材料を加工する技術も進化し、車体は軽量化されてきてきた。総重量が限定されている貨車にあって、荷重を増やすには自重を軽くするしか方法がない。自重を軽くするために新しい材料を使い、軽量化設計をして、加工技術を開発してきた。それが現在の有蓋車・無蓋車・コンテナ貨車・タンク車・大物車などに生かされて、軸重13.5トン～15.0トンの範囲内で大型化してきた。軽量化の手段はそれぞれの車種によってまちまちであるが、下回りのブレーキ装置や走り装置には、軽量化とは別の各車種共通の課題があった。すなわち運転速度向上への取り組み(客車並みの速度と走行安全性の確保)があった。

ここではブレーキ装置の始まりから，2軸車の65km/hから 75km/h化及び現在の主流となっている最高運転速度110km/hへの挑戦などブレーキ装置と走り装置の技術発達を述べる。大正時代に全国の車両約6万両を一夜にして自動連結器に取り替えたという快挙についても触れる。

5.1 ブレーキ装置

平成17（2005）年4月25日もうすぐゴールデンウィークという楽しい時期に痛ましい鉄道事故が発生した。それはJR西日本の福知山線尼崎駅付近で死者107人、負傷者562人というJR民営化後最大の列車事故であった。100人以上の死者が出たのは昭和26（1951）年4月24日に起きた京浜東北線桜木町電車火災事件(死者106人･負傷者96人)以来の大事件だった。兵庫県警尼崎東署の捜査本部は現場カーブに新型の自動列車停止装置（ATS-P型）が設置されていれば事故は防げたとされる点を重視している。平成8(1996)年12月に現場カーブを600ｍから300ｍに変更したが、新型ATSは設置されず、手前の直線の最高速度も時速120kmに据え置かれた。この事故は運転手の暴走にも責任があるが、信号設備面にも問題があったことを示している。鉄道車両にとってブレーキ装置は最も重要なものである。

尼崎事故をきっかけに現在多くの鉄道会社でATS-P型を導入しつつある。従来のATS-S型では、乗務員が警報に対して確認ボタンを押した後は防護機能がなくなるという問題があった。これを解決するために開発されたシステムがATS-P型である。これは電車が止まれる速度パターン（Pattern）をもったATSということでATS-P型といわれる。JR東日本は新会社発足の翌年昭和63（1988）年から全線にATS-P型の導入を開始した。

5.1.1 真空ブレーキ装置

日本に鉄道が建設され、機関車・客車・貨車が輸入されたころ(明治5(1872)年)の客車､貨車にはブレーキがなく機関車のブレーキで停車していた。僅かに緩急車（ブレーキバン）と呼ばれる一部の車両に手ブレーキがついていて､この車両に乗っているブレーキ･ガードと呼ぶ係員が機関車の汽笛を合図にブレーキを締めて列車を停めていた(図3.3, 図6.2参照)。JRが民営化される直前(昭和62(1987)年)まで貨物列車の最後部に連結されていた緩急車はこのブレーキバンの名残である。客車も車掌室の付いている車両を緩急車と呼び、列車の最後部にはこの緩急車を連結することが原則となっていた。万一、連結器が外れて客車が取り残されても、手ブレーキで停められるようにするためである｡緩急車の記号は｢フ｣であるが､これはブレーキの｢ブ｣から濁音をとったものである。生まれたばかりの鉄道はまだ速度が遅く、牽引する客車や貨車の両数も少なかったので、大きな問題は起きなかった。

鉄道車両のブレーキ装置には､手ブレーキ､鎖ブレーキ、真空ブレーキと空気ブレーキがある。鎖ブレーキというのは手ブレーキの改良型で、数両の客車や貨車の手ブレーキを鎖につないでおく。そしてブレーキバンに乗っているブレーキガードが手ブレーキを締めると、その車両だけでなく、鎖が通っている全部の車両にブレーキをかけることが出来る。

真空ブレーキ（図5.1参照）というのは、大気圧と真空の圧力差を利用してブレーキをかける方式である。真空の列車管を列車に引き通し、各貨車には列車管につながる真空シリンダを備えている。蒸気機関車に設備した蒸気エゼクター（排気器）で列車管内の空気を排出し真空状態にすると、真空シリンダのピストンが押し下げられ、ブレーキが弛み、大気を流入させると列車管圧力は高まり、ピストンが押し上げられブレーキが作用する。イギリスで明治17（1884）年に考案された。[1]

真空ブレーキは構造が簡単で､保守が容易であるが､
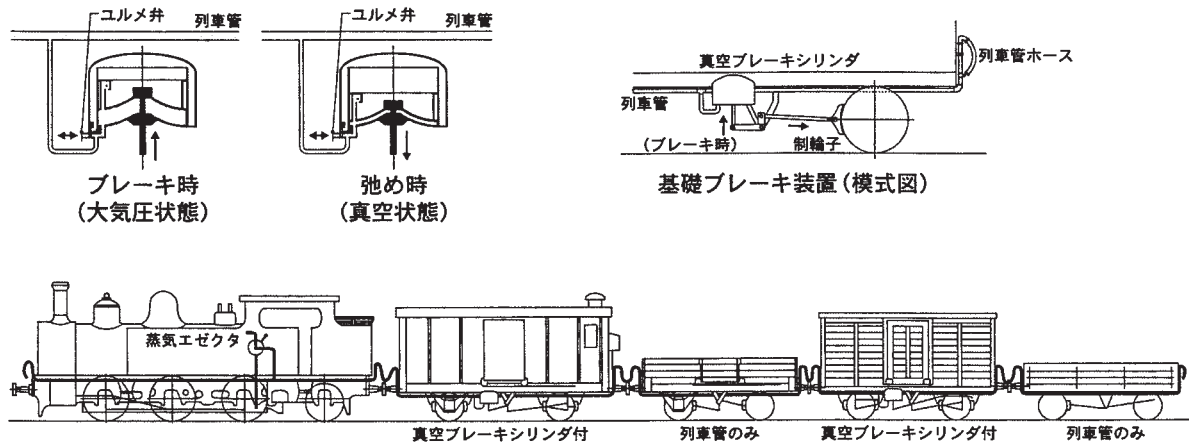
図 5.1　真空ブレーキの仕組み [2]

理論的に 1 気圧以上の力はかけられないので、ブレーキ力が弱い。真空度はせいぜい 500mmHg 程度で、0.6 気圧の圧力しか使えず、重量の重い貨物列車にはブレーキ力が不十分であった。

日本では明治 19（1886）年に安全性向上のため、蒸気機関車・客車にイギリスから輸入した貫通式の真空ブレーキの取り付けをはじめた。貨車に取り付けたのはこれよりも遅く、明治 31（1898）年東海道線ではじめた速達貨物列車に使用する一部の有蓋車からであった。明治 21（1888）年に開業した山陽鉄道は、開業当初より真空ブレーキを取り付けた貨物用の緩急車を保有していたようである。大正時代になってから、官営鉄道は有蓋車・無蓋車・冷蔵車・石炭車などに真空ブレーキを取り付けたが、貨車は両数が多いこととブレーキ力が弱いこともあって、全車両には取り付けず、自動空気ブレーキの導入検討に入った。そのころの列車編成は「蒸気機関車＋真空ブレーキ付き貨車が数両＋そして残りは緩急車の手ブレーキ」を併用していたことが想像できる。列車の速度と重量が増加するにつれ、ブレーキ力が不足のため列車衝突などの事故が発生し、真空ブレーキを全面的に採用するには至らなかった。

5.1.2　自動空気ブレーキ装置

178 年前（1830 年）にイギリスで世界最初の本格的な鉄道であるリバプール・マンチェスター鉄道が開通してから、多くの列車事故が発生した。その世界初の鉄道開業日にも死者が出ていた。それは今で言うならば信号問題、鉄道員のミスが原因であったが、車両構造上も問題があった。それは安全のために最も大切なブレーキ装置が極めて不完全であった。鉄道技術者・経営者の最大の関心事はどうすれば蒸気機関車がうまく走るかにあって、どうやって停めるかは後手に回っていた。最初の死者が出たのは、途中駅で一時停車中に線路上を歩いていた乗客が隣の線路を横断したときに、駅構内を並行して走ってきた別の列車（ロケット号）に轢かれてしまった。ロケット号を運転していた機関士は乗客が線路にいる姿を見ていたが、どうすることも出来なかった。機関車にはまだまともなブレーキ装置がなかったからである。

(1) ウエスチングハウスの発明

慶応 2（1866）年アメリカのジョージ・ウエスチングハウスが画期的なブレーキ装置を発明した。「直通空気ブレーキ装置」である。この装置は真空ブレーキとは反対に、蒸気機関車のコンプレッサーで圧縮空気を作り、これをブレーキ管を通して各車両のブレーキシリンダに送る。真空ブレーキとは反対に圧縮空気を送るので、圧縮空気の圧力を大きくすれば強いブレーキ力を得ることが出来る。

しかし、この直通空気ブレーキには思わぬ大きな欠点があった。圧縮空気を直接送る方式だと、万一、一部のブレーキシリンダから空気が漏れていると他の車両にもブレーキが利かなくなる。また、万一、連結器が外れて、車両の一部が列車から分離した場合、圧縮空気が全部抜けてしまい、ブレーキがかからなくなってしまう。この時代の連結器は現在の自動連結器のような丈夫なものではなく、リンクとネジを組み合わせて連結していたので、強度不足で、運行中に連結器が外れる事故があった。日本では大正 14（1925）年 7 月に一夜のうちに 6 万両余りの全車両の連結器を自動連結器に取り替えた。

ウエスチングハウスはその後新しい空気ブレーキの開発に取り掛かり、その結果生まれたのが有名な「自動空気ブレーキ」である。それは万が一の場合にも自動的にブレーキがかかるものであった。「自動」とい

うのは蒸気機関車のブレーキ弁を操作すれば、一列車の全車両に自動的にブレーキがかかるだけでなく、万一、連結器が外れた場合でも全車両に自動的にブレーキがかかるからである。

ウエスチングハウスのこの新しい自動空気ブレーキは従来の「直通空気ブレーキ」とは反対の機構を採り入れたものである。直通空気ブレーキの場合は圧縮空気をブレーキ管に送るのに対して、新しい自動空気ブレーキでは、常時ブレーキ管の中に送り込んでいる圧縮空気を抜くことによってブレーキがかかる。こうしておけば、万一、連結器やブレーキホースが外れた場合に、空気が抜けてブレーキがかかる。

圧縮空気を抜いてしまってどうしてブレーキをかけることが出来るのか、そこにウエスチングハウスの工夫があった。[3]

まず各車両に補助空気ダメ（圧縮空気タンク）と三動弁を設ける。列車が発車する際には十分に各車両の空気タンクに圧縮空気を送っておく。そうすると三動弁の機構によって、ブレーキは緩む。列車が発車してからブレーキをかける際には、蒸気機関車のブレーキ弁を操作して、全車両につながっているブレーキ管の中の圧縮空気を抜く。そうすると三動弁が作動して、各車両の補助空気ダメの中の圧縮空気をブーレキシリンダに送り、ブレーキをかける。ブレーキシリンダのピストンが動いて、その先にリンクしているブレーキテコ、ブレーキ棒を介して、制輪子を車輪に押し付けるのである。三動弁が働くことにより、補助空気ダメの中の圧縮空気は外に抜けるのではなく、ブレーキシリンダに送ることが出来る。ウエスチングハウスはこの新しい自動空気ブレーキ装置を明治 6（1873）年に完成した（図 5.2 参照）。この原理は現在の鉄道車両も同じである。
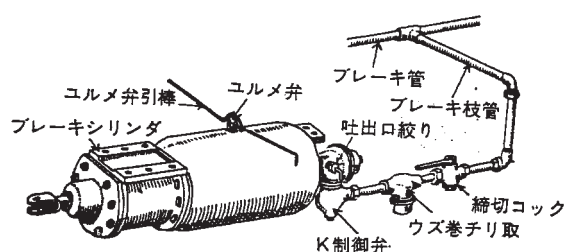
図 5.2　ウエスチングハウス社のＫＣブレーキ装置
（補助空気ダメ＋ブレーキシリンダー＋Ｋ三動弁一体型）[4]

5.1.3　日本への自動空気ブレーキの導入

大正初期に効き目の悪い真空ブレーキ装置の改善が課題になり、鉄道院（国鉄）は先進外国のブレーキ方式について種々調査研究を行い、大正 8（1919）年、自動空気ブレーキ装置を全車両に採用する方針を決定した。大正 10（1921）～ 13（1924）年にかけてアメリカのウエスチングハウス社、ドイツのクノール社の自動空気ブレーキ装置を輸入し、大掛かりな実車性能試験を実施した。貨車用は大正 10（1921）年 5 月にウエスチングハウス社製のＫＣブレーキ装置の試験を常磐線で実施、同 12（1923）年 3 月にクノール社製のＧ型空気ブレーキ装置の試験も実施した。クノール社のものはブレーキ力の増減や常用ブレーキ時の列車衝撃が少ないなどの利点があるが、構造が複雑で、価格が高く、非常ブレーキ作用でＫＣブレーキ装置に劣るなどの理由から鉄道省（国鉄）は大正 13（1924）年ウエスチングハウス社のＫＣブレーキ装置を採用することを決定した。[5]

ＫＣブレーキ装置は三動弁・補助空気ダメ・ブレーキシリンダから構成される自動空気ブレーキ装置である。Ｋ三動弁は供給能力からＫ１とＫ２とに分けられ、ブレーキシリンダ径 203 mmにはＫ１三動弁、254 mm以上にはＫ２とし、補助空気ダメ・ブレーキシリンダ及び三動弁を一体にしたＫＣ型と、ブレーキシリンダのみ分離したＫＤ型の 2 種類とした。ＫＤブレーキ装置はブレーキシリンダを補助空気ダメから分離したもので、床下スペースが少なくＫＣ型の取り付けが困難な 3 軸車、軸距離の短い貨車、下部に液出し管を備えたタンク車などに使用された。ブレーキシリンダは当初はウエスチングハウス社設計の直径 203 mm×行程 300 mmと 254 × 300 mmのものを使用したが、鉄道省は 15 トン積貨車に適するものとして新たに 180 × 300 mmのものを設計した。[6]

5.1.4　貨車用空気ブレーキの発達

昭和 30（1955）年代に入って貨物列車の速度向上、長大編成化、荷重の増大に伴ってブレーキ性能の向上と信頼性の改善が求められ、国鉄は新しいブレーキ装置の開発に取り組むことになった。貨車の積載量の増大に伴い、積空時いずれの場合もほぼ均一のブレーキ力が得られる積空切換式の、ASD・KSD ブレーキ装置が開発された。更に貨物列車の高速化を目指して CLE・CL などの新しいブレーキ装置が開発され、貨物輸送の近代化と安全性の向上に貢献した。

（1）積空切換装置付ブレーキ装置の開発

ＫＣブレーキ装置は、ブレーキ伝達速度が遅い、階段緩めが出来ない、非常ブレーキ時に高圧が十分得られない、積荷の有無に対するブレーキ補償がないなどの問題があり、高速・重量列車の運転に応えることが

困難であった。このため国鉄は昭和30（1955）年以降、貨車の高速化・重量化のために新しい空気ブレーキ装置の開発に取り組み、積車時には強いブレーキ力を確保し、空車時には滑走を防止するためブレーキ力を軽減する、大小２個のシリンダを持つＤ形差動シリンダ付きのASD･KSDブレーキ装置を開発した。差動ブレーキシリンダとは直径の異なる２個のピストンを直列に結んだタンデム型のシリンダである（図5.3参照）
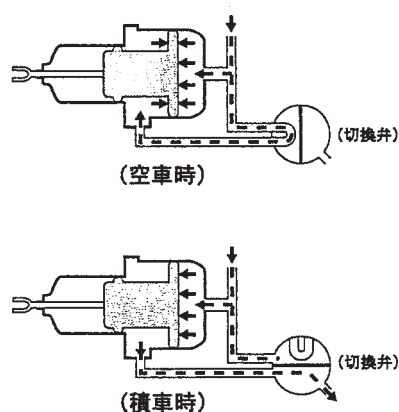
図5.3　差動ブレーキシリンダ　254.356 x 300[7]

ASDブレーキ装置は昭和35（1960）年製のチキ5500形式（後のコキ5500形式）コンテナ車に初めて採用された。Ｋ制御弁をＡ制御弁に変更し、付加空気ダメの使用によって階段緩めを可能にし、圧縮空気の込め不足を防止したものである。積空の切換は当初は手動式の積空切換弁によっていたが、昭和41（1966）年より台車枕バネの撓み量を荷重検知器で検知し、差動ブレーキシリンダへの配管を自動的に切り替える方式になった。

その後、荷重検知器と中継弁によって、単動のブレーキシリンダ圧力を制御するARSDブレーキ装置に発展し、昭和44（1969）年以降のコキ5500形式コンテナ車、ワキ5000形式有蓋車に採用された。ASDブレーキ装置は85㎞/hまでの貨車に使われた。

KSDブレーキ装置は昭和39（1964）年からタンク車、ホッパー車に採用された。これは制御弁にＫ弁を使い、ブレーキ力を差動ブレーキシリンダへの配管を切り換えて積車時と空車時に２段階に変化させる方式であり、積空切換弁の作動には手動式と自動式とがある。自動式には台車枕バネの撓みと連動させて自動的に積空切換弁を作動させる方式と荷重検知器によって積空切換弁を作動させる方式がある。タンク車・ホッパー車・大物車など荷重の大きい私有貨車にはこのKSDブレーキが標準になった。

その後、ブレーキ力の切換えを差動ブレーキシリンダによらないで、単動ブレーキシリンダの空気圧力を直接変化させるKRSDブレーキ装置に発展した。KSDブレーキ装置は75㎞/hまでの貨車に使われた。

(2）95km/h対応の積空ブレーキ装置

最高運転速度85㎞/hまでの貨車に使用してきたASD及びARSDブレーキ装置は、緩解不良（ブレーキが緩みにくい現象）などの故障が起き易いほか、Ａ制御弁の保守にも種々問題があった。ＪＲ貨物はこれらを解決するため平成４（1992）年にCSDブレーキ装置を開発した。

CSDブレーキ装置は、ＥＡ１制御弁、荷重検知器、低圧空気ダメ、比例弁などで構成し、三圧式のＥＡ制御弁の作用指令圧力（ＡＣ圧力）を3.7 kg/㎝^{2}に変更したものでＫ制御弁を使用している貨車との混結も可能である。ブレーキシリンダにはダイヤフラム形のパック式単動シリンダを使用している。積空切換えは荷重検知器の積空の検知に合わせて比例弁の作動によって制御弁からの作用指令圧力に比例したブレーキシリンダ圧力を発生させるようにしている。積空は台車の枕バネの撓み量により検知される。

CSDブレーキ装置は最高運転速度95㎞/h用の標準ブレーキ装置としてタキ43000形式44トン積ガソリン専用タンク車、タキ1000形式45トン積みガソリン専用タンク車、ホキ1000形式35トン積み石炭専用ホッパ車などＪＲ貨物になってからの私有貨車に使用されている。

5.1.5　高速貨車用の空気ブレーキ装置の開発

貨物列車の高速化のために昭和41（1966）年にワキ10000形式30トン積高速有蓋車が新製された。最高運転速度100㎞/hの高速貨車のブレーキ装置としては、従来のブレーキ装置ではブレーキ距離（600ｍ以内で停止）が確保できないため、国鉄は新しく応荷重付の電磁給排弁式のCLEブレーキ装置を開発した。これは元空気ダメ、供給空気ダメ、電気引き通し線、電磁給排弁、膜板式制御弁・パック式ブレーキシリンダなどで構成し、これまでのASD、KSDとは全く異なるブレーキ装置である。制御弁には膜板を使用した三圧式の応荷重装置つきＣ制御弁を使用し、荷重に応じたブレーキ力を発生させる。

ブレーキ力を向上するためブレーキシリンダ圧力は最大６ kg/c㎡にまで上げられた。制御装置は電磁給排弁類・コック類をユニット化したＣ９ブレーキ制御装置を開発した。

応荷重制御は空気バネ圧力により荷重の変化を検知する方式を採用している。このCLEブレーキ装置は

1　パックシリンダー
2　水平テコ
3　自動スキマ調整器
4　ブレーキ制御装置
5　応荷重弁
6　元空気ダメ
7　ブレーキ管
8　元空気ダメ管
9　ジャンパ連結器
10　ツナギ箱
11　電線管
12　手ブレーキハンドル
13　油式測重器
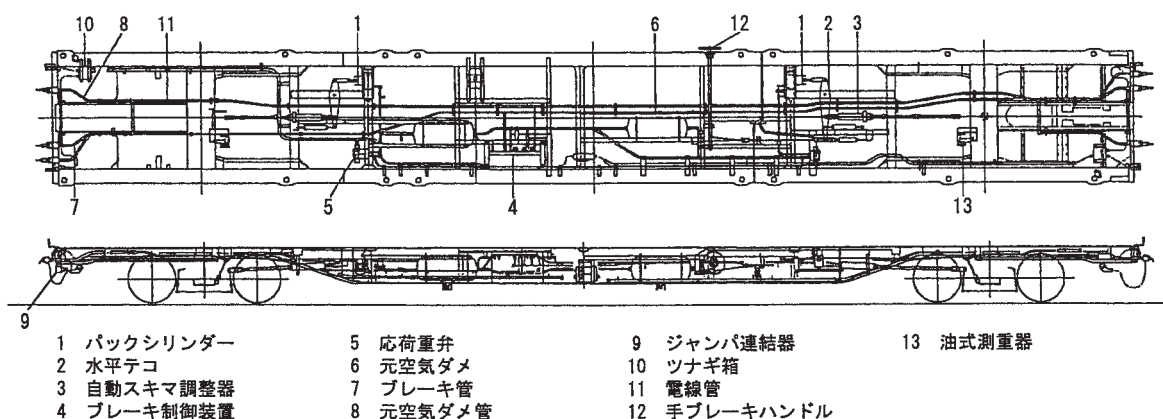
図 5.4　コキ 106 形式　空気ブレーキ配管図[8]

コキ 10000 形式、レサ 10000 形式などの 100km/h 系高速貨車に装備され、現在のコキ 100 系コンテナ車のブレーキ装置の基礎になっている。

ＪＲ貨物が誕生した昭和 62（1987）年、最高運転速度 110km/h のコキ 100 系コンテナ車用として、改良型の CLE ブレーキ装置が開発された（図 5.4 参照）。このブレーキ装置はＥＡ制御弁、Ｕ９Ａ応荷重弁、Ｅ電磁給排弁、Ｋ圧力調整弁、油圧式測重器、電磁弁、電気引通し線などから構成し、ＥＡ制御弁、ブレーキ電磁弁などはＣ 62 系ブレーキ制御装置としてユニット化している。応荷重制御弁は荷重検知を、金属バネ台車のため測重器による方式に変更し、台車毎に油圧測重器とＵ９Ａ応荷重弁を備えた方式である。

5.2　貨車の 2 段リンク化

2 軸貨車、3 軸貨車の台枠と車輪車軸との間には、軌道・レールからの衝撃・振動を緩衝するためバネ（担バネ）を介在させている。このバネの支持方式にはシュー式、リンク式及び 2 段リンク式がある。

鉄道創業期の貨車は簡単な構造のシュー式を使用し、昭和初めのころから運転速度の向上に対応してリンク式に変更したが、走行安全性の面から最高運転速度を 65km/h に制限してきた（図 5.5 参照）。太平洋戦争後の昭和 27（1952）年国鉄の鉄道技術研究所が中心になって、2 軸貨車の速度向上を目指した研究が始まり、2 段リンクバネ吊り装置の本格的な研究に着手した。様々な試験により慎重に安全性を確認して、昭和 29（1954）年から実用化に入った。新製 2 軸車は原則として 2 段リンクバネ吊り装置を取り付けることにし、2 段リンク貨車で編成した小口急行貨物列車や急送貨物列車の最高運転速度を 75km/h に向上することになった（図 5.6 参照）。

その後、貨物輸送の速達化や旅客列車の高速化に合わせて２軸貨車の貨物列車のスピードアップを図ることになり、昭和 43（1968）年 10 月の時刻改正（ヨンサントーの大時刻改正）を目途に実施することとし、在来の２軸貨車の改造が行われた。ヨンサントー時刻改正から車扱貨物列車の速度は 65km/h から 75km/h にスピードアップして、輸送時間を短縮したほか、電車列車と協調した列車ダイヤ編成が可能になった。
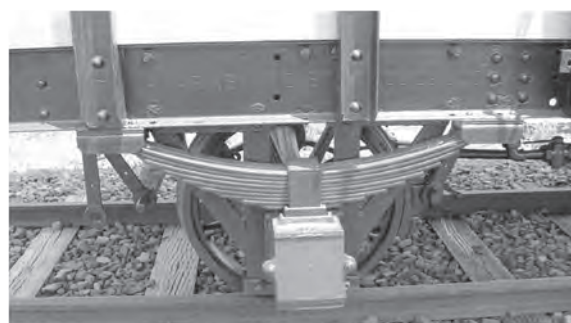
図 5.5　明治 39 年（1906）当時の走り装置（65km/h）：（貨物鉄道博物館）

図 5.6　昭和 29 年（1954）　2 段リンクバネ吊り装置（75km/h）

5.2.1　開発の経緯

リンク式のバネ吊り装置を使用した２軸車は、高速になると激しい蛇行動が発生するため最高運転速度を 65km/h に制限し、これが貨物列車のスピードアップ

を長年にわたり阻害してきた。この蛇行動を防止するとともに、２軸車の速度向上を目指す研究が鉄道技術研究所・車両運動研究室松平室長が中心になって行われ、昭和 27（1952）年に具体的な構想が提案された。それは２軸車の車両運動を解析・研究し、速度向上ができる新しいバネ吊り装置の提案であった。この研究によれば、２軸車はある速度領域に入ると車両走行状態は不安定になり、横圧によって発生した僅かな横振動が大きく成長し、一定振幅で振動を続け激しい蛇行動を起こすようになる。
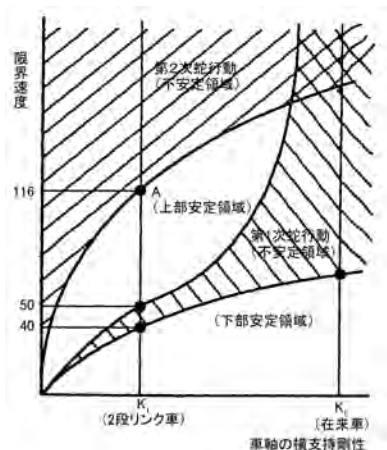
図 5.7 ２軸車の車軸横支持剛性限界速度 [9]

車両走行状態が不安定になる限界の速度と、車輪車軸の左右方向の支持剛性との関係は図 5.7 のようになる。中間の不安定領域は、主として車体が振動する第一次蛇行動、左上の不安定領域は、主として輪軸が振動する第二次蛇行動である。２軸貨車が安定な走行状態を保つためには、右下部の安定領域を使うか中央部の安定領域を使うかの二つの方法となる。下部安定領域を使うには、軸箱守を強固にし、隙間を小さくして軸箱の支持剛性を出来るだけ強くする必要がある。在来のシュー式或いはリンク式の場合、車軸の横支持剛性が割合強く、各部が磨耗して隙間が大きくなった場合や、車輪踏面の勾配が磨耗によって急になった場合には、ある速度以上になると不安定領域に入り激しい蛇行動を起こす。これに対して輪軸と車体の間に相当の隙間を持たせ、担バネの吊り方で輪軸の左右方向の支持剛性を出来るだけ弱くすると、低速(40 ～ 50km/h)で一度不安定領域に入るが、速度が上がれば安定領域に入り、高速までこの安定領域は持続することが走行試験で判明した。図 5.7 に示す速度 A は 116km/h である。この左上部の安定領域を利用して、２軸貨車の高速化を実現しようと開発されたのが 2 段リンクバネ吊り装置である。[10]

したがって、2 段リンクバネ吊装置は車体と輪軸との左右方向の支持剛性をなるべく柔らかくし、しかも前後方向の支持剛性を強くするため、担バネを上下 2 段にしたリンクで吊り、バネ装置を左右に動きうる構造としている。[11] 2 段リンクバネ吊り装置は、車体と車輪車軸との間の左右方向の支持剛性をなるべく柔らかくし、しかも前後方向の支持剛性を幾分強くするため担バネを上下 2 段のリンクで吊り、バネ装置を左右に動きうる構造にしている。

実用化までにはいくつのも実車走行試験が繰り返された。試験の結果、左右振動は 85km/h 程度までならばなんら問題はなく、走行安定性の改善が見られたが、空車時での上下振動及びブレーキ時の振動に問題があったため、安全の余裕をみて、最高運転速度は 75km/h に定められた。[12]

尚、日本で 2 段リンクを開発する以前に、欧州でも２軸車の走行性能に関する研究がドイツ鉄道で行われ、昭和 17（1942）年にその研究結果が発表され、昭和 23（1948）年に既に実用化されていたことが後に判明した。日本での開発はドイツのものとは全く別個に行われた。両者のメカニズムは似ているが、細部では異なっている。[13]

軸箱守とは：2 軸車、3 軸車などの軸箱を軸箱の両側から支える摺動面を有する固定金具のこと。図 5.5 および図 5.6 参照。

5.2.2　10 万両の改造と効果

2 段リンクバネ吊り装置は一部の２軸貨車を除いて、昭和 29（1954）年以降の新製車両に採用された。これと並行して在来車の 2 段リンク化工事が昭和 30（1955）年から実施された。国鉄は貨物輸送の速達化と旅客列車の高速化に合わせて貨物列車のスピードアップを図ることになり、昭和 43（1968）年のヨンサントー時刻改正で実施することを決定した。

このため昭和 40 年(1965)から国鉄貨車 112,071 両、私鉄からの乗り入れ貨車 229 両、私有貨車 1,043 両の 2 段リンクへの改造工事を実施した。

2 段リンク化によって、65km/h から 75km/h への速度向上が実現し、貨物輸送の速達化のほかに線路容量の緩和、貨車・機関車運用効率の向上、蛇行動・左右動の減少による走行装置の保守量の減少など多くの経済効果をもたらした。

両数が多い貨車で国鉄が大きな改造工事を実施したのはこの 2 段リンク化のほかに、大正時代の自動連結器へ一斉取替えや自動空気ブレーキの取り付けなどがある。技術革新がもたらす安全性の向上と経済効果を

計り、大きな投資を伴う難工事を決断することは鉄道に従事する技術者、経営者の英断によるところが大きいといえる。

5.3 台車

２軸車の走行装置は2段リンクバネ吊り装置の開発成功によって、それまでの65km/hから75km/hへの速度向上と走行安定性が確保された。25トン積～48トン積などの大型貨車（ボギー車）の走行装置には台車（ボギー・Bogie）が使われる。台車の走行性能が原因で脱線事故が起きることがあるように、台車はきわめて重要な装置である。事故の都度、その原因を追究し、速度向上と走行安定性の相反する条件を満たしながら次の設計に生かしてきた。台車を速度別に見てみると一つは板バネを使った速度75km/hの時代、次がコイルバネを使った85km/hの時代、そして現在の高速台車110km/hに至っている。ここでは代表的な台車の開発の背景と速度向上を取り上げる。

5.3.1　初期の台車・菱形枠台車　TR20 65 km/h
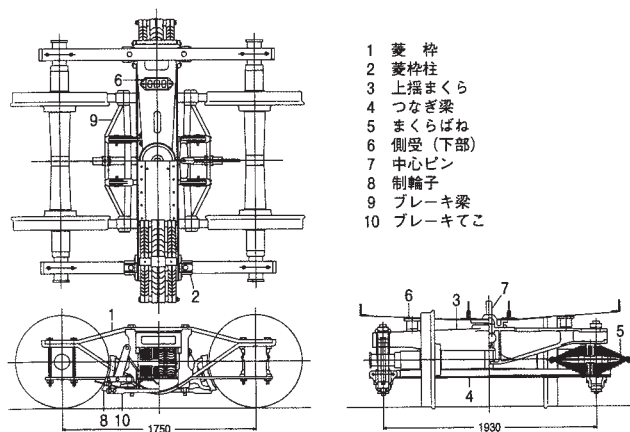
図5.8　菱形枠台車TR20 65 km/h[14]

貨車用台車は構造が簡単で廉価であること、車両の積空差が大きく重心が高いので安定した走行性能を確保することなどが難しく設計面で厳しい条件下にある。明治39（1906）年に南満州鉄道に船積された有蓋車・無蓋車には平鋼を菱形に組み立てた菱形枠台車が使われていた。これがわが国初期の台車である。

菱形枠台車は戦前まで長く使われてきた。菱形枠台車は平鋼を菱形状に組み立てたもので上菱枠と下菱枠で構成され、下菱枠下部の引張棒で軸箱をボルトで固定している（図5.8参照）。米国ではその形状・構造からアーチバー台車またはダイヤモンド台車と呼ばれていた。この台車は軽量・安価であるが、ボルト組立てのため、側枠、軸箱に弛みが発生しやすく、高速運転に不向きで、最高運転速度を65km/hに制限された。車輪車軸や枕バネの組込み・取外しに手間がかかるなど難点があったので、この台車を使用した貨車が廃車されるに従い姿を消していった。

5.3.2　スリーピース構造の台車

（1）TR41系台車　75 km/h

それまでの２軸貨車主体の輸送から戦後、進駐軍の指導により昭和23（1948）年から大型ボギー車の製作が始まった。その台車として台車側枠と軸箱を一体にした鋳鋼製ボギー台車TR41が採用された。TR41台車はAAR（アメリカ鉄道協会）の貨車用標準台車を参考にして開発されたスリーピース・ボギーで、鋳鋼製のボルスタ（枕梁）の両端を左右に結んだシンプルな構造である（図5.9照号15番参照）。TR41台車は軽量で構造が簡単であり、組立てにはリベットやボルトを使用しないので、安価で保守にも手間がかからないなど貨車用台車として優れた特徴を有している。左右の側枠が剛性のある構造ではなく、ボルスタを嵌入しただけの構造であるため、走行中に側枠が単独で前後

表5.1 主なスリーピース構造の台車

台車形式	TR41D	TR209	TR213	TR225
最高速度 km/h	75	75	75	75
製造初年	昭和39（1964）	昭和41（1966）	昭和43（1968）	昭和49（1974）
主な用途	タキ5450 ホキ3500 心皿距離8m未満のタンク車	トキ25000 タキ15600 タキ1900	ホキ2500 タキ21350 タキ29300 トキ25000	心皿距離8m以上のタンク車（高圧ガスを除く）

動を生じ、高速になると蛇行動を生じやすい。このため最高運転速度は75km/hに制限されている。昭和28（1953）年に心皿高さを20㎜下げて親子板バネを装備したTR41Cが製作された。
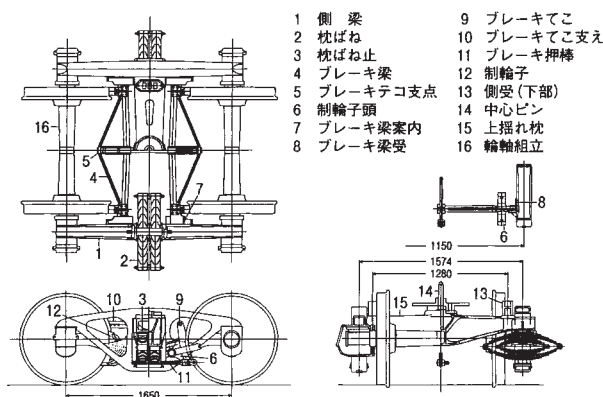
図　5.9　TR41台車の構造図（板バネ付）[15]

TR41Cは車体のねじり剛性が大きく台車中心間距離が短いタンク車の場合、大きな輪重抜け（注2:参照）が生じることが判明した。このため枕バネを重ね板バネからコイルバネにし、オイルダンパを組み合わせたTR41D台車が昭和39（1964）年に開発された（図5.10参照）。TR41 D台車はローリング（横揺れ）と蛇行動による脱線係数の増大と輪重抜けを大幅に改善し、TR41Cに代わる標準台車となった。

図5.10　TR41D台車（コイルバネ・オイルダンパ付）75 km/h

(2) TR209系台車　75 km/h

TR209は昭和41（1966）年、TR41C台車をベースにして、側枠の変更と軸受をそれまでの平軸受から密封形コロ軸受（JT9）に変更した台車である。35トン積無蓋車トキ25000形式に初めて使用された。同じ系統の台車としてTR210　、TR214台車がある。TR210台車は43トン積タンク車であるタキ43000形式・44000形式のように総重量が59トンに及ぶタンク車用台車として、昭和42（1967）年にTR41Dをベースに設計された。荷重増加に伴い軸重は13.5トンから15トンになった。TR210の軸受を平軸受けから密封形コロ軸受（JT11）にしたのがTR214台車である。

(3) TR213台車　75 km/h

TR213は昭和43（1968）年、TR41系台車の走行性能改善を目指して設計された台車で、TR41Cを改良したTR209系台車との構造上の違いは、つなぎ梁と大径心皿を採用していることである。左右の側枠はU字形断面の鋼板プレス材のつなぎ梁で結合されている。これにより側枠の前後方向の変異を抑制し、蛇行動防止に有効な台車になった。枕バネは、TR209は重ね板バネを使用していたが、TR213はコイルバネとオイルダンパを併用している。

(4) TR225台車　75 km/h

TR225　はTR209を基本に、軸受を密封コロ軸受（JT10）に、枕バネを板バネからコイルバネに変更した台車で私有貨車用である。側枠とボルスタのすり合わせ部にレジン製のすり板を取り付けて蛇行動防止を図った。

5.3.3　コイルバネ式中速台車　85 km/h

昭和34（1959）年に本格的なコンテナ輸送のために、コンテナ専用列車の速度を85km/hにスピードアップすることになり、それまでの鋳鋼台車に代わり鋼板プレス構造の台車TR63　が新しく設計された。その後側梁を弓形に変更したTR207、TR211、TR216　が設計され、85km/h系貨車及び高圧ガスタンク車に使用されて、貨物輸送の高速化を実現し、高圧ガスタンク車の走行性能を改善した。

(1) TR63系台車　85 km/h

台車枠は鋼板をプレスし、溶接組立てした箱型断面の側枠と側枠中央部を、溝形断面のつなぎ梁でH形に結合した蛇行動防止に有利な構造である。軸箱上部に防振ゴムを設け、枕バネはコイルバネとし、オイルダンパーを併用してコイルバネの横剛性を利用し、左右振動の改善に役立てている。軸距はTR41系台車よりも100㎜長く1750㎜とした。

表 5.2　コイルバネ式中速台

台車形式	TR63	TR207	TR211	TR216
最高速度 km/h	85	85	85	85
製造初年	昭和 33 （1958）	昭和 39 （1964）	昭和 42 （1967）	昭和 43 （1968）
主な使用形式	チキ 5000 チキ 5500 コキ 5500 ク 5000	タキ 25000 タキ 18600	ホキ 2200 タキ 25000 タム 9600 トキ 80000	レサ 5000 ワキ 5000 コキ 5500 タキ 25000
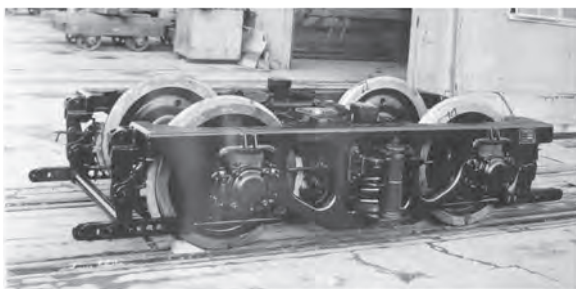
図 5.11　TR63 台車 85 km/h

（2）TR207 系台車　85 km/h

TR207 は昭和 39（1964）年に TR63 系に代わる 85km/h 系として開発された台車である。台車枠はプレス鋼板を溶接組立てした弓形梁をつなぎ梁で結合した構造である。特徴は台車枠が水平面内で剛性フレームであること、台車の蛇行動を防止するため車体と台車間に適当な回転抵抗を与える大径心皿及び側受け支持方式を採用していること、枕梁と台車枠とをボルスタアンカーで結合していることである。

（3）TR211 台車　85 km/h

TR207A の平軸受を密封形円錐コロ軸受（JT10）に変更したもので、昭和 42（1967）年穀物輸送ホッパ車ホキ 2200 形式に使用されたのをはじめ、LP ガスタンク車、液化天然ガスタンク車、液化酸化エチレンタンク車などに使用された。

（4）TR216 台車　85 km/h

昭和 43（1968）年に冷蔵車レサ 5000 形式用として設計された。特に安定した走行性能を確保するため、TR211 の大径心皿を耐磨レジン製すり板付の側受け支持に変更し、ローリング防止のためオイルダンパを傾斜させて取り付けた台車である。
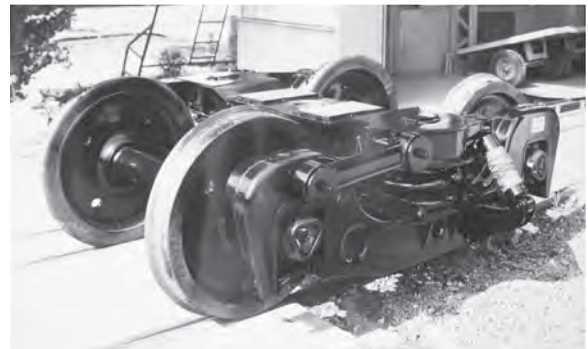
図 5.12　TR216 台車 85 km/h

蛇行動のメカニズムとその防止策：車輪がレールと接する面を踏面という。踏面が平らで円筒形であると、輪軸が一方に片寄って走行した場合、復元力がなく片側のフランジのみがレールと接触し磨耗する。それを防ぐために、踏面は円錐形になっており、常に中央に輪軸を保持するような力が作用する。しかし、輪軸が回りながら常に左右に復元する力を持っていることは、いつも左右動をする要因にもなっている。このように踏面勾配に起因する左右運動（図 5.13 参照）を蛇行動という。蛇行動は車両の高速化に常につきまとう大きな問題である。輪軸に適度な支持剛性を与えて蛇行動の発生を抑えていても、完全な直線上においても何らかの外乱をきっかけに、ある速度を超えると蛇行動が発生する。一般に蛇行動を抑えるためには車輪の踏面勾配を小さくし、幾何学的蛇行動波長を長くする。軸箱支持剛性を固くし、輪軸を拘束する。しかし、この方策は車両の曲線通過を考えた場合には、踏面勾配が大きく、輪軸の支持剛性や台車の回転剛性が柔らかい方が有利なので、相反するものとなる。蛇行動安定性と曲線通過性能をバランスよく実現できる車両を設計することが重要である。
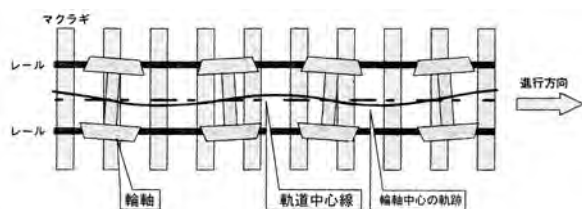
図 5.13　蛇行動[16]

5.3.4　コイルバネ式高速台車　95 ～ 110km/h

100km/h の高速貨車用台車は空気バネ式の TR203 であった。TR203 はわが国初の高速貨車ワキ 10000 形式・コキ 10000 形式・レサ 10000 形式用に昭和 40（1965）年に開発された。空気バネを使用したのは試作の結果、コイルバネ方式よりも蛇行動・上下動・ローリング面で空気バネ式が優れていたからである。その後昭和 46（1971）年、TR216 台車を基本にして 95km/h 運転のコンテナ車専用台車として TR223 が誕生した。さらに JR 貨物が発足してから速度向上のために TR223 を改良して FT1 系台車が開発された。コイルバネ式台車としては初めての 110 km/h 用高速台車が実現し、コンテナ列車の高速化・速達化が可能になった。

表 5.3 コイルバネ式高速台車　95 ～ 110 km/h

台車形式	TR223	FT1	FT2	FT3
最高速度 km/h	95	110	110	110
製造初年	昭和 46 (1971)	昭和 62 (1987)	平成 9 (1997)	平成 12 (2000)
主な使用形式	コキ 50000	コキ 100～コキ 105	コキ 106	コキ 200

空気バネ：空気バネは金属バネ（コイルバネ）よりも上下振動を緩和して、速度向上と乗り心地改善を図ることが出来る。空気バネは金属バネに比較して次の点で優れている。荷重が変化しても空気バネの内圧が変わるのみで、バネ定数はほぼ一定に保たれ、また車体の高さは、自動高さ調整弁で荷重の増減に関係なく一定に保てるから、バネ定数を小さくすることが出来る。したがって、上下剛性の小さい空気バネ台車は、高速運転時に金属バネ台車より優れた走行性能を発揮する。振動を吸収する効果も大きい。しかし、ローリング剛性を低下させる欠点があるため、曲線を通過するときにローリングを起こしやすく、アンチローリング装置を設ける必要がある。

(1) TR223 系台車　95km/h

コンテナ列車の速度向上の要求に応えるため、昭和 45（1970）年に 95km/h の性能を持つ高速台車の開発が始まり、TR216 をベースに価格低減のために空気バネを使用しない台車が試作された。この台車は弓形側梁をつなぎ梁で結ぶ台車枠と枕バネ装置で構成し、車軸を 14 トン中軸にして負担荷重を増加したこと、軸距を 1,650mm から 1,900mm に拡大し、蛇行動防止を図ったほか、側梁・枕バネ・オイルダンパの変更、密封形コロ軸受 JT11　、枕梁の大型化などが主な変更点である。昭和 46（1971）年からコキ 50000 形式コンテナ車に使用され、95km/h 貨車用台車として活躍した。平成 3（1991）年溶接部の疲労が原因で側梁折損が連続発生したため、3,000 両以上に補強工事を行った。各部に補強を追加した強化型の新しい台車枠に変更し、形式が TR223F となった。

(2) FT1 系台車　110 km/h

FT1 台車は JR 貨物発足の年、昭和 62（1987）年に TR223 を改良して設計された高速台車である。制輪子は鋳鉄ではなく摩擦係数の大きなレジンシュー（合成制輪子）を使用している。台車枠はプレス鋼板の溶接組立て構造の弓形側梁をつなぎ梁によって H 形に結合し、積載荷重の増大・積空たわみ量の均一化など枕バネを二重のコイルバネの 1 連から同 2 連に変更し、軸箱上部の鞍と台車枠の間に防振ゴムを装備して軸受部をゴム支持方式に改良している。オイルダンパを垂直と水平方向に独立して設け、110km/h に耐える性能を実現した。この他に、平成 5（1993）年から軸受を JT11B に変更して、コキ 104 形式に使われている FT1B 台車がある。

図 5.14　FT1 台車 110 km/h

(3) FT ２台車　110 km/h

FT ２は平成 9（1997）年に製作したコキ 106 形式コンテナ車（従来のコキ 100 系コンテナ車では総重量 20・32 トンの 20ft 国際貨物コンテナを 2 個積載できなかったが、コキ 106 が 40.7 トン積になりこれを可能にした・図 4.17 参照）に使用されている台車で、FT1 台車を改良した 110km/h 運転用の台車である。大

きな改良点は、軸受部を上下・左右・前後に弾性支持する複合ゴム支持式（軸ゴム及びシェブロンゴム）を採用し、最適な軸箱支持剛性を得ることで走行性能の改善を図った。また側梁の板厚を 9mm から 12mm に強化している。

（4）FT3 台車　110 km/h

平成 12（2000）年から製作されたコキ 200 形式コンテナ車（コキ 106 形式では総重量 24 トンの 20ft 国際貨物コンテナを 1 個しか積載できなかったが、これを 2 個積載できるコンテナ車　図 4.18 参照）の台車として設計された。基本構造は FT ２をベースに固定軸距を 1900mm から 2100mm に変更し、荷重の増大に対してバネ定数を変更し、軸受を高荷重に対応した FJT1 に変更した。基礎ブレーキ装置はブレーキ梁・ブレーキテコなどを廃止し、量産用貨車としては初めてユニットブレーキを装備している。平成 20（2008）年に製作された次世代型コンテナ車・コキ 107 形式（図 4.19 参照）では、新しい試みとしてバネ下に防振ゴムを追加して、走行振動の貨物に対する影響を軽減させることにし、各ゴムのバネ定数や側受の間隔を適切に設定することで、蛇行動と横圧の発生を防ぎ、最高運転速度 110km/h での走行安定性を図っている。
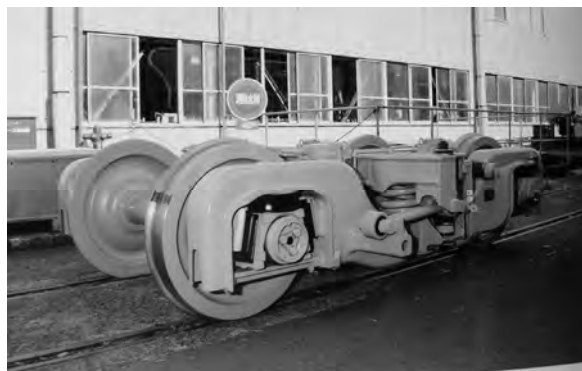
図 5.15　FT3 台車 110km/h
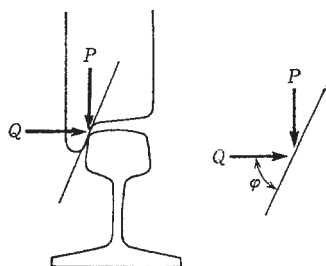
図 5.16 脱線の際の輪重と横圧の関係 [17]

脱線係数：脱線に対する安全性を表す尺度として、横圧（Q）と輪重（P）の比で表される脱線係数（Q/P）が用いられる。横圧（Q）が大きくなって数値が増えると脱線の恐れがあるため、脱線の安全尺度に使われる。一般に Q/P ＝ 0.8 が安全上の限度であるとされている。

5.4　自動連結器の採用

図5.17　ネジ・リンク式連結器（復元車両・鉄道博物館）

わが国の鉄道史上で世界の鉄道からから大きな注目を浴びた出来事が大正 14（1925）年にあった。それは自動連結器への一斉取替えであった。

ネジ・リンク式連結器（図5.17参照）を自動連結器（図 5.18 参照）に取り替える一斉取替え工事は、大正 7（1918）年から台枠の補強や伴板守など連結器取付部の改造・準備工事に着手し、大正 14（1925）年 7 月に完了した。貨車の連結器取替工事は、機関車の連結器取替工事が終了した翌日の同年 7 月 17 日早朝から一斉に指定した駅で実施され、夕方までに完了した。7 月のこの時期はお盆休みで荷動きが少なく、日も長いことから急送品列車を除くすべての貨物列車を運休して実施された。以前から自動連結器を使用していた北海道内の貨車は、前年の大正 13（1924）年 8 月に連結器高さの調整を終えた。貨車の連結器取替え両数は 51,552 両もあったが、鉄道院関係者の周到な準備により、一斉取替えは成功した。

明治時代に製作された貨車の台枠は側梁のみに鋼を用い、中梁、端梁は木製の鋼木合造のものだけでも 15,000 両も在籍していた。このため準備工事では木製中梁の鋼製化や前・後の端梁間に通しの引張りボルトの設置が行われ、同時に台枠が強化された。自動連結器化により連結器の強度と台枠が強化され、従来のネジ・リンク式連結器に比べて牽引重量の増大が可能になり、輸送力増強に大きな効果をもたらした。同時に車両の連結・開放が容易になり、作業の安全性も著しく高まった（ネジ・リンク連結器時代は、貨車と貨車を連結する際に作業者が負傷する事故が多発していた。）創業当時のネジ・リンク式連結器の強度は10 ト

ングらいであり、このため一列車で最大700 トン牽引が限度であったが、自動連結器に取替え後、1,000 トンまで引き揚げた。現在は1,300 トン牽引している[18]。
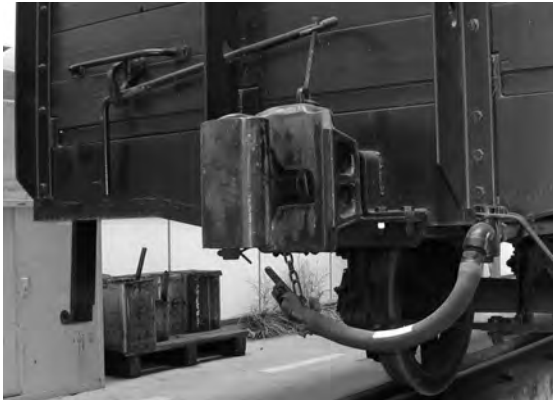
図5.18　自動連結器（トキ900形式・JR東海・浜松工場）

注１：松平精（タダシ）は戦時中、海軍航空技術廠でゼロ戦（零式艦上戦闘機）の空中分解事故（フラッターの不安定が原因）に端を発した振動研究で名を馳せ、戦後国鉄の鉄道技術研究所に入った。松平は国鉄でこの2段リンクの実現のほかに、ビジネス特急こだま号や新幹線電車の走り装置（台車）の高速走行を実現した。

注２：輪重抜けとは：車輪の横圧（Q）が余り大きくなくても輪重（P）が減少することによっても脱線が起きる。輪重抜けとはこのPが減少することを言う。その原因はカント、緩和曲線、車両のローリング振動、車両の重心偏り、軌道の平面狂いなどによる。車体のねじり剛性が大きく、台車中心間距離が短いタンク車は輪重抜けが発生しやすい。（図5-16「脱線の際の輪重Pと横圧Qの関係」参照）。

引用文献：

1. 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行「貨物鉄道百三十年史」下巻 P379
2. 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行「日本の貨車」P311
3. 山之内秀一郎「なぜ起こる鉄道事故」2005年発行 朝日文庫 P49 ～ 50
4. 日本石油輸送株式会社編集1968年発行「タンク車　No.10 」P7
5. 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行「貨物鉄道百三十年史」下巻 P467
6. 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行「貨物鉄道百三十年史」下巻 P468
7. 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行「日本の貨車」P315
8. 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行「日本の貨車」P318
9. 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行「日本の貨車」P268
10. 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行「貨物鉄道百三十年史」下巻 P474
11. 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行「日本の貨車」P268
12. 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行　「貨物鉄道百三十年史」下巻 P475
13. 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行「日本の貨車」P269
14. 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行「日本の貨車」P275
15. 日本鉄道車輌工業会編集・平成20年発行「日本の貨車」P277
16. 鉄道総合技術研究所編集・平成17年発行「わかりやすい鉄道技術・３」P42
17. 丸山弘志・深沢義朗「土木技術者のための鉄道工学」昭和56年発行丸善 P120
18. 日本貨物鉄道株式会社編集・平成19年発行「貨物鉄道百三十年史」下巻 P392

6 私有貨車の技術発達

これまで国鉄時代からJR貨物時代までの、主要な貨車である有蓋車・無蓋車・コンテナ貨車の技術的発展と貨車の重要な要素技術である、ブレーキ装置、走り装置、連結装置の発達について記述した。第6章では、第3章、第4章で触れなかったが、わが国の産業発展に尽くし、現在も活躍している「私有貨車」について述べる。

貨車は所有形態で見ると、国鉄時代もJR貨物の現在も全国規模の鉄道会社が所有して運用する貨車、地方私鉄が所有する貨車、それに一般企業が所有し、車籍をJR貨物に編入して運用する私有貨車に分かれる。貨車輸送等取扱手続き（規定）では私有貨車について次のように定義している。「私有貨車とはJR貨物以外の者の所有する貨車で、JR貨物に車籍を編入したものをいう。」JR貨物の車籍に編入することが私有貨車の条件であるが、車籍編入とは「JR貨物以外の者の所有する貨車の保守管理上、JR貨物の所有する貨車に準ずる取り扱いを行うため、車籍を編入することをいう。但し、車両財産の移動は行わないものとする」と定められている。私有貨車の利点は、①貨車を計画的にいつでも自由に使用できる、②普通の貨車に積めない特殊な貨物でも容易に輸送できる、という点にある。

私有貨車を構造別に見ると、タンク車・ホッパ車・大物車・車運車などがある。タンク車にはガソリン、重油、化成品、高圧ガス専用などがある。ホッパ車には石灰石、セメント、石炭などがある。大物車は100トン～240トンの変圧器を運ぶものがある。私有貨車には積載物別に専用種別が決められている。有蓋車や無蓋車などの汎用貨車と異なり、すべてが積載される貨物専用に設計されている。ここでは、競合他社に先駆けて技術開発し、産業発展につくし、現在もその開発技術が元になって、軽量化・大型化或いはコンテナ化している私有貨車を取り上げる。その貨車を所有する企業名は省略せずに記載する。なぜならば、その私有貨車を開発できた背景には車両メーカーの技術開発力だけでなく、それを使う所有者の適切な助言があったからである。私有貨車は多くのユーザー（所有者）のニーズに応えて開発されてきたが、その技術は有蓋車・無蓋車の設計技術が基礎になっている。

6.1 私有貨車の始まり

図6.1　明治33（1900）年　ア20形式　6トン積石油タンク車・リベット構造[1]

ここでは私有貨車の中でも歴史があり、現在もその大半を占めているタンク車を中心に私有貨車の歴史を述べる。私有貨車が日本の鉄道に始めて登場したのは「明治33（1900）年2月東京市日本橋区新堀町浅野石油部支配人より、自己所有の一油槽車を以って越後地方より石油運搬方願出たるに之を許可せり。貸主所有貨車の運輸は之を嚆矢とす」に始まっている。[2]　その油槽車（タンク車）は名古屋～横浜間で輸入灯油の輸送に使われた。全長6.2m、鋼木合造の台枠に直径約1.5mの鉄製円筒型リベット構造のタンクで荷重6トン積の2軸車だった（図6.1参照）。明治40(1907)年には10トン積油槽車（ア1640形式・後のタ600形式）が製作された。

6.1.2　大正時代のタンク車：

大正3(1914)年に秋田県黒川油田の大噴油の緊急輸送用として、荷重20トン積3軸油槽車フア27200形式（後にタサ1形式）が誕生した（図6.2参照）。大正時代には石油だけでなく化学品の輸送も私有貨車で開始された。大正3(1914)年には濃硫酸専用タンク車リ2490形式（後のタ1300形式）、大正14(1925)年には希硫酸専用タンク車リ2500形式（後のタ1400形式）などが製作された。

図6.2　大正3（1915）年　フア27200形式　ブレーキ・マンが乗っていた3軸・20トン積石油タンク車[3]

6.1.3　昭和〜戦後のタンク車：

昭和に入ってから化学薬品を主体に積載する私有貨車が増加し、揮発油、原油、ベンゾール、濃硝酸、二硫化炭素、苛性ソーダ、牛乳、植物油など 15 種類のタンク車があった。

戦後、進駐軍は容積 6,000 ガロン（荷重約 20 トン）を私有タンク車接収の目安とした。接収を回避するため、はじめはタム形式車（15 トン積）が主に製作されたが、次第に 20 トン積のタサ形式車に移行した。タサ 1700 形式（20 トン積ガソリン専用タンク車）、タサ 2400 形式（20 トン積石油類専用タンク車）はこの時代の代表的なタンク車である。昭和 22（1947）年には 30 トン積ガソリン専用のタキ 3000 形式及び 30 トン積石油類専用のタキ 1500 形式が製作された。昭和 26（1951）年には 30 トン積石油類専用のタキ 2100 形式（加熱管装置付）が登場し、石油系タンク車の標準車が揃った。苛性ソーダ専用車では昭和 28（1953）年に純度保持のため、タンク内部にゴムライニングを施工したタキ 2600 形式が製作され、その後の標準車になった。また、石炭酸専用車のタサ 3400 形式はタンク内面をステンレス薄板張りとした。

高圧ガスタンク車では昭和 25（1950）年にはじめての液化塩素専用車としてタム 2300 形式（15 トン積）が製作された。積荷の化学性状を考慮し弁類をはじめて円筒形のプロテクタに収納した。この構造はその後の高圧ガスタンク車の標準になった。

6.1.4　昭和 30 年代のタンク車：

わが国の産業の著しい発展に伴って、私有貨車の進展は目覚しいものがあり、昭和 30（1955）年度末に 4,329 両であった私有貨車は昭和 39（1964）年度末には 12,735 両に達した。石油系タンク車では昭和 35（1950）年に 50 トン積のタキ 50000 形式（ガソリン）・タキ 55000 形式（石油類）が開発された（図 6.4 参照）。これがタンク車大型化の始まりで、初めて異径胴タンク体・3 軸ボギー台車を採用したタンク車だった。昭和 37（1962）年には 35 トン積タキ 9900 形式（ガソリン）、タキ 9800（石油類）が開発された。これは台枠のないフレームレス構造を採用し、それまで 2 軸ボギー車では 30 トン積だったのを従来の常識を破り一挙に 35 トン積を可能にした（図 6.3 参照）。この開発成功により日本車輛は一時期、ガソリンタンク車の市場を独占した。

図 6.3　タキ 9900 形式 35 トン積揮発油専用フレームレスタンク車

化成品タンク車でも貨車の大型化が進み、従来２軸車であった塩酸・濃硝酸・希硝酸・二硫化炭素・メタノール・ホルマリンなどに初めて 30 トン積のボギータンク車が登場した。石油化学工業の進展に伴い、合成繊維・合成樹脂原料の輸送用としてアクリルニトリル・エチレングリコール・シクロヘキサン・スチレンモノマー・酢酸ビニール・メチルメタアクリレートなどの専用タンク車が製作された。アスファルト専用タンク車タキ 9200 形式（45 トン積）のように 180℃の高温下で荷役・輸送するタンク車も登場した。

高圧ガスタンク車では、昭和 32（1957）年にタキ 5800 形式 25 トン積液化塩化ビニール専用車が初めて製作された。昭和 34（1959）年には LP ガス専用車の製作が始まった。昭和 38（1963）年から昭和 39（1964）年にかけてタサ 5700 形式 20 トン積 LP ガス専用タンク車、タキ 4100 形式 25 トン積液化アンモニアタンク車、タキ 5450 形式 25 トン積液化塩素専用タンク車が製作された。

6.1.5　波除板の廃止：

液体輸送用のタンク体では、連結時や急ブレーキの際に液体が動揺して強度上の不具合や走行安定性の問題が生じるため、これを防ぐためタンク内部に波除板を設けていた。しかし、波除板のタンク内面への取付部や内張り（ゴムライニングなど）の破損から、タンクが腐食することがあって、昭和 29（1954）年〜 30（1955）年にタム 5000 形式 15 トン積塩酸（味液・アミノ酸・エスサン原液）専用タンク車及びタキ 3000 形式 30 トン積揮発油専用タンク車で静的及び動的試験を実施した結果、波除板を省略しても問題のないことが判明した。昭和 36（1961）年から一般のタンク車について、昭和 41（1966）年から高圧ガスタンク車について波除板を廃止することになった。但し、純アルミニウム製タンク（濃硝酸用）に限っては、強度上問題があるため、波除板を設けている。

6.1.6　昭和40年代のタンク車：

高度経済成長に伴って私有貨車は益々発達して、昭和40（1965）年度末には13,422両、昭和49（1974）年度末には20,100両になり、昭和30（1955）年度末の4.6倍に達した。

タンク車は昭和40（1965）年9月に発足した「貨車研究会タンク車分科会」（後の私有貨車研究会）の検討によって、構造の簡素化・標準化・大型化がいっそう推進され、新しい用途の貨車の開発が盛んになった。この研究会では車両メーカーの設計陣が、普段は国鉄向け貨車の設計面で協力し合いながらも、私有貨車では自社の受注活動を有利にするために、軽量化や保安度向上へのアイデアなどを競い合った。その一方では保安度向上のために標準化も進められた。昭和41（1966）年にタキ35000形式35トン積ガソリン専用タンク車、タキ45000形式35トン積石油類専用タンク車が製作された。これは各車両メーカーの共同設計による標準タンク車として製作されたもので、耐候性高張力鋼板を使用した葉巻型異径胴が特徴でドームレス構造を初めて採用した。

昭和42（1967）年にはタキ43000形式43トン積ガソリン専用タンク車、タキ44000形式43トン積石油類専用タンク車が登場し、走るパイプラインといわれた（図6.5参照）。これは日本オイルターミナル（株）が内陸部の石油中継基地にガソリン・軽油などを大量集約輸送する専用列車に使用された。運用区間が幹線に限定されていたため軸重を15トンとし、フレームレスで軽量化を図り、それまでの35トン積から43トン積を実現した。フレームレス構造のタンク車は前後台車間（枕バリ間）の中梁を設けずに、タンク本体そのものを強度部材として、車端衝撃などを受け持たせる全く新しい構造のタンク車で、昭和37（1962）年に開発されたタキ9900形式35トン積ガソリン専用タンク車がその下敷きになっている。

化成品タンク車は、ドームレス構造・軽量台枠・耐候性高張力鋼板の採用による車体の軽量化により、大型化が進み、従来30トン積であった塩酸・濃硝酸・希硝酸・二硫化炭素・メタノール・ホルマリンなどのタンク車は35トン積が製作された。濃硫酸タンク車では極限設計に近い40トン積(タキ5750)が登場した。

専用種別は酒類や醤油から青化ソーダ液まで多種多様となった。この昭和40年代（1965年代）の特徴に高度な温度管理を要するタンク車が開発されたことである。一定の温度で輸送するカプロラクタム、溶融して積載後固化して輸送する金属ナトリウム、高温で溶融した状態で輸送する液体硫黄などの専用車が相次いで登場した。

高圧ガスタンク車では、昭和41（1966）年に25トン積LPガス専用タンク車が開発された。それまでは20トン積であったが、研究・実験を重ねて断熱保冷キセと波除板を高圧ガスタンク車としてはじめて省略したものである。また昭和48（1973）年には超低温のタム9600形式16トン積液化天然ガス（LNG）専用タンク車が開発された。

6.1.7　昭和50年代―私有タンク車の保安度向上対策

昭和40（1965）年代末期には私有貨車の脱線事故が相次ぎ、これを契機に状態不良車の淘汰と保安度向上対策が実施され、私有貨車の安全性は大きく向上した。私有貨車用の標準台車として設計されたTR225台車は、昭和49（1974）年に試作された後、昭和50（1975）年から本格的に採用された。これにより私有貨車の台車も密封コロ軸受の時代となった。昭和51（1976）年から台車中心間距離が中くらいの私有ボギータンク車・ホッパ車の走行性能改善を目的にした台車改造が実施された。そして台車中心間距離が8,000mm未満の私有貨車は、ほとんどが従来のTR41C台車からオイルダンパ付のTR41D台車に改造された。昭和53（1978）年に台車中心間距離が8,000mm未満の私有貨車用台車として大径心皿方式のTR213C台車が選定された。

昭和45（1970）年秋に国会で危険品の輸送規制及び事故時の措置方について審議があり、これを契機に昭和46（1971）年に国鉄本社に「化成品等輸送技術委員会」が設置された。化成品輸送の安全対策について様々な調査・審議をしている中で、昭和48（1973）年7月山陰本線江津駅構内でタム6054塩酸タンク車（15トン積）の塩酸噴出事故が発生した。技術委員会及び国鉄の「化成品等輸送調査会」で多くの安全対策と標準化が審議され、昭和51（1976）年12月に報告書が提出された。車両関係の主なものは、塩酸・苛性ソーダタンク車のゴムライニング統一仕様書と検査基準の制定、40トンを超える石油タンク車の構造見直し（連結器緩衝装置の容量増大･台枠緩衝長さの延長、タンクの空容積の増大など）、アルミクラッド製タンク車の溶接施工基準の制定などであった。

6.1.8　昭和50年代のタンク車

保安度向上対策を盛り込んだモデル車として昭和50（1975）年から40トン積ガソリン専用タンク車タキ40000形式が製作され、成田空港の燃料輸送に使用された。昭和52（1977）年、36トン積ガソリン専用

タンク車タキ38000形式が製作された。これは保安度向上に対応した新世代の標準タンク車で、タキ35000形式の後継車であった。保安対策の見直しにより中断していたフレームレスタンク車（タキ43000形式43トン積ガソリンタンク車、タキ44000形式43トン積石油類専用タンク車）の製作が再開された。化成品タンク車対策では保安度向上対策を受けて、台枠側梁の設置が義務付けられて、濃硫酸タンク車では従来の40トン積が不可能になり39トン積のタキ29300形式に移行した。

6.1.9　JR貨物時代のタンク車（高速タンク車の開発）

昭和62（1987）年4月に国鉄が民営分割され、日本貨物鉄道が発足した。日本石油輸送・日石三菱は石油輸送の効率改善のため、積載量を増加した大型タンク車の開発に着手し、平成元（1989）年にそれまで43トン積だったのを、1トン増加した44トン積ガソリン専用タンク車タキ43000形式（243000番台）を開発した。軸重15トンで総重量60トン、全長は積卸設備の関係から従来車と同じあるが、魚腹形異径胴タンク体の直径を太くし、付属品にアルミ合金を使用するなどして軽量化をはかり1トン増を可能にした。

平成5（1993）年にはタキ43000形式の後継車としてタキ1000形式が試作された。これはタンク体の拡大と軸重の増大によってさらに1トン増の45トン積とし、２軸ボギータンク車では最大のタンク車になった。台車は軸重増大のため固定軸距離を延ばしたFT21、ブレーキ装置はCSDブレーキを採用して、タンク車では初めて最高速度95km/hを可能にした。現在、根岸～岡部間、陸前山王～盛岡間などで高速石油列車が運転されている。

以上、タンク車の発達を中心に私有貨車の歩みを述べた。次にこれら私有貨車の中でも画期的な技術開発だったと誇れるフレームレスタンク車・タンク外部に断熱材のない裸のLPガスタンク車・超低温LNGタンク車・240トン積大物車を取り上げ、その構造と開発の背景、どのような工夫がなされたのかを述べる。

6.2　ガソリン・石油類タンク車の大型化

6.2.1　35トン積フレームレスタンク車の開発

国鉄向け貨車の設計は国鉄車両設計事務所が中心になって各車両メーカー（日本車輌・川崎車両・汽車会社・日立・三菱重工）の設計陣を集めて、毎月定期的な「貨車研究会」を開催して毎年発注する貨車の設計、改造、設計変更、メンテナンス向上、製造方法の研究、製造コストの節減、新しい材料の採用など貨車に関する研究を行ってきた。一方、私有貨車は台車・ブレーキ・連結器・車両構造基準などは国鉄向け貨車と基本的に同じで､新型の設計車は国鉄技術陣の支援を得て、強度試験・走行試験を実施して安全性を確認した。昭和40（1965）年9月には「貨車研究会」の中に「タンク車分科会」（後の私有貨車研究会）が発足し、上記５社のほかに当時私有貨車メーカーであった富士重工・富士車輌・新潟鉄工が加わり、標準化・保安度向上対策が推進された。私有貨車は安全面では国鉄の監督下にあったが、営業面では全くの自由競争市場で車両メーカーの技術力が受注を左右していた。そのような競争の中で従来の常識を破る新型のタンク車が開発された。

昭和30（1955）年後半からの重厚長大産業の目覚しい発展と高度経済成長は化学品・化成品の鉄道輸送需要の増大をもたらし、車両メーカー各社は物流の合理化に役立つ各種タンク車の開発を競った。それが毎月の私有貨車研究会で紹介され、他社に負けじと更に競争は激しくなった。タンク車の中でも最も両数の多いガソリン及び石油類タンク車の開発競争は特に激しかった。日本車輌は昭和35（1960）年に開発したタキ50000形式50トン積ガソリンタンク車の異径胴タンク技術を応用し､昭和37（1962）年わが国初のフレームレスタンク車の開発に成功した。

図6.4　50トン積タンク車の強度試験（ひずみゲージを結ぶケーブルが見える。右側から7km/hの貨車を突放して打当てて台枠の強度を測定する）

タキ50000は大量輸送による合理化を目的に日本車輌で開発された。タンク体は普通鋼製で容積は69㎥、両端のタンク直径は2,050㎜、中央部は2,500㎜。この二つのタンクのつなぎ目にはプレス成型した鋼板を用いた。台枠は前後の台車間（枕梁間）の中梁を省略し、中央部の側梁に300 × 90㎜の溝形鋼を使用している。台車は3軸ボギー、ブレーキには積空ブレーキなど新規軸を取り入れたものだった。それまで30トン積タンク車が製作されていた時代に、いきなり50トン積の出現になったのである（図6.4参照）。

日本車輌ではタキ50000で開発した異径胴タンク体技術と新規に開発したフレームレス構造を組合せ、軽量化と車体長短縮を同時に実現した35トン積ガソリン専用タンク車タキ9900形式を昭和37（1962）年に完成した（図6.3参照）。タンクの直径は50トン積と同じ寸法である。フレームレス構造のため前後台車間（枕梁間）の台枠は、タンク体下部と枕梁とを結合する短い中梁があるだけで側梁も中梁もなく、タンク受台はタンク体及び端台枠と一体となっている。タンク中央部を2,500㎜と大径にし、全長を短縮するとともに中央部の台枠を省略したので、大幅な軽量化が可能になって、2軸ボギー車ではそれまで30トン積が最大であったが、それを一挙に5トン増を実現した。30トン積車（台枠付）よりも車長で1m短く、自重で2トン軽く、しかも重心が低いという画期的な貨車となった。自重軽減による運賃の低減、列車編成長が短くなるなどの特徴を有し、経済的なタンク車として市場を独占した。

6.2.2　43トン積タンク車の開発

この画期的な開発がベースになって、その後耐候性高張力鋼板（SPA）の出現や、軸重をそれまでの13.5トンから15トンに増加するなどの改良が加えられたフレームレスタンク車として、43トン積ガソリン専用タンク車・タキ43000形式が昭和42（1967）年に登場した(図6.5参照)。タンクの両端直径は2,200㎜、中央部直径は2,800㎜でタンク材料は耐候性高張力鋼板（SPA）を使用している。

図6.5　タキ43000形式　43トン積ガソリン専用タンク車

43トン積タンク車の開発は、従来の概念にとらわれない新しい発想のもとに行われた。それは軽量大型化によるタンク車製作費の節減と輸送コストの引き下げを目的にしたものであった。どうやって35トン積から43トン積まで一挙に飛躍できたのだろうか。その主な設計面での特徴をあげると：

①フレームレスタンク車としては初めて耐候性高張力鋼板（SPA）をタンク本体や端台枠に使用して、板厚を薄くすることにより軽量化を図った。（タンク内部には補強環を設けた）。

②タンクはドームレス構造の特殊な形状の異径円筒形で従来のドーム容積に相当する空容積はタンク本体の中に含まれている。

③タンク内径は新車両限界（第三縮小限界）の中ではほとんど最大限の大きさに近い2,800㎜（大径部）と2,200㎜（両端の小径部）とし、車長の短縮を図った。

④２軸ボギー車として荷重を出来る限り大きくとるため、従来の12トン負担軸（レール面上13.5トンから14トン軸（レール面上15トン）を採用した（これは走行区間が限られていた）。台車は二重コイルバネとオイルダンパを使ったTR210 形式（平軸受）、その後TR214（コロ軸受）を使用した。

⑤連結装置は曲線通過を容易にするため、タンク車として初めてピン付縦枠を採用し、車両の大型化に合わせて、緩衝容量の大きなRD-18 型ゴム緩衝器を使用した。

⑥安全弁は従来のものとは異なって、タンク内が減圧状態になった場合のタンクの変形破壊を防ぐため、正負用の安全弁を採用した。

最初の43トン積ガソリン専用タンク車は三菱重工が、また最初の43トン積石油類専用タンク車は日本車輌が日本石油輸送向けに製作し、昭和42（1967）年9月から日本オイルターミナル（株）が京浜地区から高崎・上田で輸送を開始した。

6.2.3　44トン積そして45トン積タンク車の開発

平成元（1989）年にはドームレス構造で、タンク付属品の構造・材料を見直して軽量化を図り、44トン積ガソリン専用タンク車タキ43000形式（243000番台）が完成した。地上設備を従来のまま使用するため43トン積と同じ車体長にして、タンク体直径を両端で50㎜、中央で20㎜太くした。タンク踏み板や梯子などはアルミ合金（A5052）を使用し、自重を約0.7トン軽減した。平成5（1993）年に、44トン積から更に荷重を1トン増やした45トン積ガソリン専用タンク車・タキ1000形式が日本石油輸送向けに製作された。２軸ボギータンク車としては最大荷重を初めて実現した設計である（図6.6参照）。これは運用効率を向上させるため、走り装置を改良して、タンク車では初めての最高速度95km/hの高速走行を可能にしたタンク車である。タンクの両端の直径は2,300㎜、中央部は2,900㎜である。ブレーキ装置は95km/h用の低コストブレーキ装置として開発されたCSD積空切り換

え付である。積空は台車の枕バネのたわみ量により検知される。台車は高速走行のために新たに開発されたFT21で、太くなったタンク本体と車輪との干渉を防ぐため車輪径は810㎜と通常よりも50㎜小さくなっている。全長は13,570㎜で、積込み・荷下しの際の地上設備を考慮し、43トン積車や44トン積車と同じ長さである。

図6.6　タキ1000形式　45トン積ガソリン専用タンク車　台車FT21最高速度95km/h

以上私有貨車の中で最も多いガソリン・石油類タンク車の開発進化の過程を見てきた。

車両の大きさ（車両限界）・軸重・重心高さなどが制限されている中で貨車を軽量化し、大型化・高速化することは輸送コストを引き下げる上で大きなメリットがある。30トン積から35トン積へそして43トン積へと開発が進められた。タンク車の場合、経済上や性能上の評価尺度として価格/荷重、自重/荷重、車長/荷重がある。価格/荷重は言うまでもないが、荷重に比べ自重が軽く、車長も短いことはタンク車の返送運賃が安く、積込、荷卸の回数は減り、車両の留置線も短くて済むという利点がある。同じトン数を輸送するのに43トン車では従来車に比べて少ない両数ですみ、しかも一列車の正味輸送トン数は多い。たとえば1,000トン牽引で2.5両少なく､列車長もほぼ2.5両分短くなる。荷役時間も短縮され、地上設備関係の費用も節減できる。

6.3　LPガスタンク車（高圧ガス）の開発

6.3.1　LPガスについて

LPガスまたはLPGとはLiquefied Petroleum Gas(液化石油ガス）の略称であって、プロパン（C_3H_8)、プロピレン（C_3H_6)、ブタン（C_4H_{10})、ブチレン（C_4H_8）などを主成分とする数種の低級炭化水素（炭素数の少ない（一般に5以下）炭素と水素の化合物）の混合物で、一般には代表的な成分をとってプロパンガスまたはブタンガスと呼ばれている。

LPガスは常温常圧では気体であるが、これを冷却すれば容易に液化して液体となり、(プロパンはマイナス42℃で、ブタンはマイナス0.5℃で液体になる)、さらに冷却して低温にすれば固体となる。気体のLPガスを圧縮・加圧すると容易に液化して液体となり、圧力を取り去ると気体になる。この液化に必要な圧力は温度が高くなるにつれて段々高くなり、臨界温度以上になるといくら圧力を加えても液化しなくなる。たとえば、プロパンは0℃ではゲージ圧3.8kg/cm^2 で液化するが、30℃では10 kg/cm^2 、60℃では20.5 kg/cm^2 以上に圧縮しないと液化しなくなり、臨界温度96.8℃以上になるといくら圧縮しても液化しない。

6.3.2　LPガスタンク車の始まり

LPガスタンク車は高圧ガスであるLPガスを鉄道輸送するための私有貨車で、高圧ガス取締法（現高圧ガス保安法)、容器保安規則や国鉄の諸規定にしたがって設計・製作され、国鉄の車籍に編入されたものである。

わが国における最初のLPガスタンク車は、昭和34（1959）年9月に富士車輌が出光興産向けに製作したタム7300形式15トン積液化ブタン専用タンク車で、次いで同年10月に日本車輌が三井化学向けに製作したタム7100形式15トン積液化プロピレン専用タンク車、そして翌年昭和35（1960）年2月に日立・新三菱重工・日本車輌が日本石油輸送向けに製作したタム7100形式15トン積液化プロパン専用タンク車である。これ以降タム7100形式が多数製作されて、プロパン以外にブタンも輸送したので、タム7300形式は経済的に太刀打ちできず1両で終わってしまった。

6.3.3　20トン車の出現

それから半年後、車両大型化の要請によりタサ5400形式20トン積液化プロパン専用タンク車（セントラル石油所有・新三菱重工製)、次いでタサ5500形式20トン積液化プロピレン専用タンク車（三井化学所有・日本車輌製）が製造された。以上のタンク車は充填容器（タンク）の温度は40℃以下に保つという旧規定と、タンクに断熱装置をつけなければならないという旧告示の制約を受けていた｡また旧規則により、タンク鋼板には高張力鋼板を使用できず、ボイラー用圧延鋼板（SB46B SR またはSB42B）を使用していたため板厚が厚くなって車両を軽量化することが出来なかった。

6.3.4　高張力鋼板の使用

鉄道車両業界及び全国プロパンガス協会（全プロ）は車両の軽量化・大型化による輸送コストの低減を目指して、欧米のLPガスタンク車やタンクローリーと同様に、断熱装置のない高張力鋼板を使用したタンク車の実現を目指すことになり、旧告示の改正を運輸省・通商産業省に働きかけ、昭和38（1963）年2月旧告示が改正された（運輸省・通産省共同告示1号）。これにより：

①　タンクに高張力鋼板（High tension steel: HT ハイテン）の使用が認められた。

②　鏡板の形状に半楕円体を採用できるようになった。

③　タンク内壁の腐れ代が2mmから１mmになった。などの利点が生かされ、タンク車の軽量化へ一歩前進した。

タンクの腐れ代とは：経年とともに液体（高圧の液化ガス）によって、タンク内壁が少しずつ腐食していくので、ある程度腐食しても安全であるように、設計時にタンクの板圧計算値に予めその腐食代（しろ）を見込んでおくもので、液化塩素タンク車では6mm、液化アンモニアタンク車では3mm確保することが規定されている。

この改正によってタサ5700形式20トン積LPガス（最高使用圧力19kg/cm^2）専用タンク車（鈴与所有・日本車輌製）が誕生した。このタンク車は全プロ・メーカー分科会加盟の各車両メーカーの共同設計によりプロパンもプロピレンも積載できるようにしたものでタンクの板厚は次のようになった。[4]

表6.1 ボイラー用鋼板からハイテン採用の効果

形　　式	タサ5400	タサ5700
荷　　重	20トン積液化プロパン	20トン積LPガス（19kg/cm^2）
胴　　板	SB46B　18mm	HT60　12mm
鏡　　板	SB46B　22mm	HT55　16mm
タンク車自重	約31.5トン	約26.8トン

6.3.5　走行安定性の向上（新台車の開発）

20トン積LPガスタンク車（タサ5400・タサ5700）の脱線事故が昭和39（1964）年頃に頻発したので国鉄は同年8月～9月に長野原線においてタサ15551を使い走行テストを行った。その結果タンクの剛性が大きいため、曲線出口のカントの変化点で先頭の外軌道側車輪の輪重が著しく減少し（輪重抜け）、脱線係数Q/Pが大きくなって脱線しやすくなることが判明した。そこでこの対策として、①従来のTR41C台車（板バネ使用）をやめてタサ35701（岩谷産業所有・昭和40年（1965）2月富士重工製）以降の新造車からバネの柔らかいTR41D台車（コイルバネ・オイルダンパー付）を採用する（図5.10参照）。②側受け隙間を4mmから8mmに大きくする等の措置がとられた。

これが契機となって更に走行性能の良いTR95A台車が試作され、これが後述する裸のLPガスタンク車タキ25000形式に採用されているTR207台車である。

6.3.6　裸タンク車25トン積の開発

全プロでは更に鉄道によるLPガス輸送合理化を推進するため、タンク車の断熱材と波除板の撤去による車両価格の低減を目指した。昭和38（1963）年に全プロ輸送委員会内にタンク車実験委員会が設立されて、車両メーカーとユーザーが一丸となって「キセ無しタンク車」の実現を図ることになった。ところが、全プロが昭和39年（1964）3月末に解散したため、このプロジェクトは日本LPガスプラント協会（略称JLPA）が引き継ぐことになった。調査、モデルテストに次いで、昭和39年6月9日から10月16日に亘って夏場の最も暑い時期を狙って三菱重工・三原製作所において、実際のLPガスを充填して現車実験（テスト車はセントラル石油瓦斯所有のタム7101）を行った。実験の結果、液温の最高（実験では35℃）は気温の最高（36.2℃）とほぼ等しく、容器（タンク）の温度は上部が高く下部に行くにしたがって低くなる温度分布を示すことが判明した。また圧力上昇は液温上昇に起因するので、容器壁温度やガス温度よりも、液温で規制するのが妥当であるとの結論を得た。

翌昭和40（1965）年6月には海外調査団を欧米に派遣し、LPガスタンク車の実情を調査した。次いで同年8月には新型LPガスタンク車設計特別委員会が設立され、新型25トン積LPガスタンク車の設計が開始された。翌41（1966）年7月には日立・笠戸工場でこのタンク車の各種テストが行われ、その安全性が立証された。これがタキ25000形式25トン積LPガス専用タンク車（第一号車はセントラル石油瓦斯所有）の誕生となった。[5]

図6.7　タキ25000形式25トン積LPガス専用タンク車（断熱材のない裸構造）

この新型の25トン積LPガスタンク車タキ25000形式（図6.7参照）を従来の20トン積タサ5700形式と比較すると、次のような特徴がある。

1）断熱装置と波除板を不要にしたことにより、①自重が軽くなり25トン積が可能になったこと。②その分車両価格が安くなったこと。③高圧ガス取締法で定められている再検査に要する期間が短縮され、そのコストも節減できたこと。

2）弁類を内臓二重型構造とし、油圧で作動する緊急遮断弁を取り付けて、タンク車の安全性が向上したこと。

注：全国プロパンガス協会メーカー分科会の車両メーカーは次の通り。
三菱重工業（株）、（株）日立製作所、川崎車両（株）、汽車製造（株）、（株）新潟鐵工所、富士車輌（株）、富士重工業（株）、舞鶴重工業（株）、日本車輌製造（株）

6.4 LNGタンク車（超低温）の開発

6.4.1 超低温タンク車の構造

昭和44（1969）年にアラスカから日本へ最初の液化天然ガスが輸入された。これを運んだのは東京ガス根岸工場に接岸したLNG専用船だった。東京ガスでは天然ガスへの切り替えを推進し、パイプライン敷設が割高な地方都市への、天然ガスの輸送に鉄道を利用することになった。その手始めに根岸工場から日立市への輸送が計画された。輸送は鉄道だけでなくタンクローリでも計画された。マイナス162℃という超低温のガスをどうやって輸送するのか、そのタンクの材料、設計方法などは手探りの状況であった。昭和48（1973）年11月30日、日本車輌から東京ガスへわが国ではじめての16トン積LNGタンク車タム9600形式が納入された（図6.8参照）。

スペック　荷重：16トン、自重：35.2トン
実容積：38.3m^3
液体の比重：0.471
使用温度：零下162℃～零下138℃
最高使用圧力：4.0kg/cm^2
内タンク材料：SUS304

図6.8　タム9600形式　16トン積LNGタンク車

LNG（液化天然ガス）は気体である天然ガスをマイナス162℃以下に冷却して液体にしたもの。LPGと異なり常圧で液体である。液体での体積は約1/600しかない。輸送・貯蔵を目的として液化される。揮発性が高く常温では急速に蒸発し、常温では空気よりも軽いので大気中に拡散する。この点では常温で空気より重く低い場所に滞留しやすいLPG（プロパンやブタン）に比べて安全性が高いといえる。

LNGは天然ガスを液化することにより、体積を約1/600に出来るので、効率の良い輸送が出来るわけであるが、常温では液化できないので、LNGタンク車の場合はLNGの温度をマイナス138℃からマイナス162℃の間に保ち続ける必要があった。このような超低温を保ち続けるには、従来のようなグラスウールやウレタンなどを使用する冷却方式では役に立たないので、タンクを二重にし、その中間層を真空にした、いわゆる真空断熱方式を採用した。

真空断熱方式は家庭で使われている魔法瓶と原理的には同じであるが、タンク車の場合は一日当たり液体の温度上昇を0.7℃に押さえるなど、家庭用魔法瓶とは比較にならないほどの保冷性能を要求される。全長15,380mm、タンクの直径1,800mm、容積38.3m^{3}のステンレス製の魔法瓶（LNGタンク車）を製作することは、従来にない特殊な技術を必要とした。それらの要点を下記（6.4.2項から6.4.7項）に述べる。

6.4.2 保冷（真空断熱）方法

LNGタンク車は密閉した状態で数日間国鉄線路上にあるので、断熱性能がキーポイントになる。断熱効果は真空に依存するため特に真空の保持が重要である。真空層にはパーライト粉末（真珠岩を粉砕焼成した粉末材）が充填されて断熱性能を一層高める工夫がしてある。走行中の振動でパーライトが真空層下部に落下してしまうと断熱性能が落ちるので、粉末のパーライトが落下しない工夫も必要である。設計上は250時間の輸送に耐える断熱性能を有している（図6.9参照）。

6.4.3　真空構造

内側のタンク直径が1,800mm、外側のタンク直径が2,300mmで約27m³に及ぶ真空層を大気圧の76,000分の１の真空にするので、タンクの溶接では高度な技術が求められ、空気漏れがないようにする。タンクの空気漏れ試験ではその検出感度は1時間で0.005ccという微量な漏れまでも検出する。優秀な溶接技術者が完全に溶接し、密閉したと思われるタンクでも、パーライト注入口や外部配管（液出入管・通気管他）など、内タンクと外タンクを貫通する部分から僅かな漏洩がある。

6.4.4　超低温によるタンクの変形

タンク外部の外気温（常温）と内タンクのLNGの温度差が約190℃にもなるので、各部に種々の熱変形が生じる。マイナス162℃の液体が入ると内タンクは約30mm縮む。一方、外タンクは外気温のままで、ほとんど伸び縮みしないので、内タンクを外タンクの内側で支えている支持装置には大きな歪が生じる。

6.4.5　内タンクの支持方式

真空技術と並んで内側のタンクを外側のタンクに固定する特殊支持装置は、荷重・前後動・振動・貨物ヤードでの連結などの衝撃に対しても強度を要求される。太いステンレス棒を用いて強固にすれば、衝撃に耐えられるが、そうすると、その棒を伝わる熱伝導が大きくなって、外タンクを通じて190℃の温度差により冷熱がどんどん逃げていく。内外のタンクを支持する装置はタンク構造一体物として、静的荷重試験、動的試験（約7km/hによる貨車同士の打当て衝撃試験）など過酷な試験に合格しなければならない。タンク支持装置の設計は支持棒の断面を大きくして、その数を増やして強くすれば保冷性能が悪くなり、熱伝導率を下げるために反対に細くすれば強度試験に合格しなくなるという相反する厳しい条件の中で設計しなければならなかった（図6.9参照）。
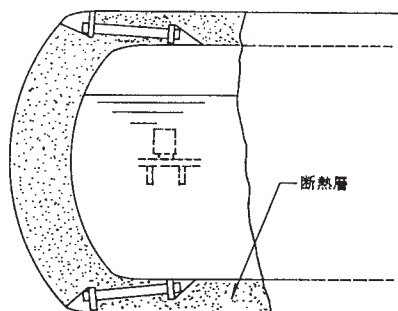
図6.9　タンク支持装置外略図[6]

6.4.6　特殊装置（計器類）

従来のタンク車には危険な高圧ガスタンク車でも計器類は設けていなかったが、LNGタンク車には液量計・液面計・内タンク温度測定装置・圧力計・パーライト検出器（外タンクの外側から磁力線を当てる）・逆火防止装置（通気管から排気されたガスに着火した場合、タンクの内部への引火を防止する細目の銅網）などを装備している

6.4.7　安全対策

列車の衝突事故の場合はどうするか。鉄道事故で線路が閉鎖されタンク車が動けない場合はどうするか、国鉄・東京ガス・日本車輌があらゆる事故を想定して車両構造を決定した上で緊急用のマニュアルを作り、緊急連絡網・緊急出動体制をとり、非常事態の訓練も実施した。

運用中の保冷断熱性能管理：

粉末真空断熱方式のLNGタンク車では、断熱性能を如何に高性能のまま保持するかが、最大の問題である。タンク製造時及び法律で定められた容器再検査時には、液化窒素を使用して断熱性能試験が行われるが、運用中においても断熱性能の変化（劣化）を監視することが必要である。LNGタンクローリーの場合は、常時運転者が車両に装備してある圧力計をチェックすることにより、タンクの断熱性能の変化を知ることが出来るし、場合によってはタンク内の圧力を降下するように作業を行うことが出来る。安全輸送対策の最大の問題はLNGタンク車の運行中の監視体制を如何にすべきかである。鉄道において運行中に断熱性能を直接測定することは、困難で実用的ではない。したがって、運行中のLNG圧力上昇、LNG液温上昇、輸送日数などのデータから割り出すことにした。実際には荷役作業に先立ち、タンクの温度、内圧など13項目にわたるデータを輸送業務日誌に記載し、データ管理センターに集合させる体制をとっている。例えば、輸送日数、輸送中の圧力上昇、空車回送中の圧力上昇などのデータから、輸送時間と液温上昇の関係を知り、推定真空度を数値計算する。これをグラフに示すことにより客観的にLNGタンク車の健康状態（性能）を把握することが出来る。[7]

6.4.8　鉄道輸送の現状

現在、鉄道によるLNG輸送はタンク車からタンクコンテナに移っている。最初のLNGコンテナ輸送は平成12（2000）年4月に新潟貨物ターミナル～金沢貨物

ターミナルで始まった（図 6.10 参照）。平成 19（2007）年度の輸送量は 8 万 5 千トン、平成 20 年は 11 万トンと増えている。このように年率 20%以上の伸びを示しているのは、LNG は液化する過程で脱硫しているため、燃焼しても硫黄酸化物（SOx）や煤煙を発生せず、二酸化炭素（CO_2）排出量も A 重油の 74%と低水準で環境にやさしいクリーンなエネルギーであるからで、大都市圏を中心に、ガス需要の 90%は LNG になっている。大部分はパイプラインで運ばれているが、海外からの輸入拠点や液化プラントから地方都市への輸送はタンクローリー・タンクトレーラーが主体で、安全面やコスト面そして環境面から鉄道輸送が見直されている。LNG タンクコンテナは 30ft・10 トン積である。LNG タンクコンテナ 1 個分で約 310 世帯の月間消費量に相当する。

図 6.10　コキ 102 で輸送される 10 トン積 LNG コンテナ

現在、鉄道輸送においてはタンク車からコンテナへ変わり、道路輸送ではタンクローリー、タンクトレーラーが毎日高速道路を走っている。

ガソリンや石油類タンク車では常識にとらわれない発想と軽量化、LPG タンク車では裸タンクと緊急遮断装置、LNG タンク車では超低温保冷技術などそれぞれの貨車が開発されるときには、そこにキー・テクノロジーといわれる未開拓の分野を切り開く技術開発があった。私有貨車の最後に、いろいろな制限（設計条件）のもとで設計される鉄道車両の中で、わが国では寸法・荷重・自重ともに最大といわれる大物車の開発について述べる。この大物車においてもただ大型化すればよいわけではなく、そこにはいくつもの工夫とその確認試験が必要である。

6.5　大物車

6.5.1　240 トン積大物車の開発

戦後電源開発が盛んになるに連れ、それまでの分解輸送をしていた大型変圧器を、完全組立ての状態で輸送することにより、現地での組立て乾燥をやめて、性能を向上するとともに、製作費、納期を切り詰めようとの要求から、各種大物車、特にいわゆるシュナーベル形貨車（ドイツの創案で、変圧器を吊りかける前後の梁の形状からとって Schnabel と称される）が必要になった。日本車輌は世界最初の落とし積用荷受梁を持ったシキ 130 形式 100 トン積大物車を昭和 33（1958）年に製作してから、シキ 160 形式吊り掛式 130 トン積大物車（図 6.14 参照）、シキ 280 形式 125 トン積大物車と漸次シュナーベル形の大きな車両を製作してきたが、昭和 35（1960）年に 240 トン積シキ 600 形式を完成した（図 6.11 参照）。この大物車は単に日本車輌だけの技術力のみならず、国鉄の工作局・運転局・臨時車両設計事務所・施設局、鉄道技術研究所の車両運動研究室、車両構造研究室、機械・工作研究室、構造物設計事務所及び発注者である富士電機、日本精工（側受け車輪の設計）など鉄道関係者の技術支援があって成功したのである。

図 6.11　シキ 611B 形式　240 トン積大物車・自重 94.8 トン

15 トン積有蓋車ワム 80000 形式が昭和 36（1961）年から昭和 56（1981）年の間に改良を重ねながら 26,000 両余り製作されたのと対照的に、大物車は通常たった 1 両しか製作されない。その 1 両のために設計し、また製作面では僅か 1 両の手作り作品といえる。発電所で使われる大型変圧器が、輸送途中に脱線や転覆などの事故を起こさないように、様々な設計条件を一つ一つ乗り越えて完成した大物車は、厳しい性能確認試験に合格しなければならない。ここでは、この 240 トン積大物車がどのような性能確認試験を経て誕生したのか述べる。大物車の設計要領については 6.5.3 項で述べる。

(1)　垂直荷重試験

完成車の強度確認のため、富士電機川崎工場の構内で、静的垂直荷重による各部応力とシュナーベルの撓みの測定を行った。前後のシュナーベル間に変圧器の代わりに試験用荷受梁を装架し、240 トン積載時の 50%増の状態として、鉄板を荷重として試験用梁共 378.4 トンを積んだ。測定点はシュナーベル 61 点、

ボギー44点、その他48点、計153点で、抵抗線歪計により応力測定を行い、またシュナーベル前後支点間にピアノ線を張り、スケールで左右両側6点の撓みを測定した。応力値は設計計算値とほぼ一致した。ヒンジ部における垂直たわみは、262トンの負荷において34mmで荷重に比例し、各荷重段階における値は増荷、減荷の場合ともに等しかった。

(2)　打当試験

空車停止中の大物車に、全重量40トンの無蓋車を、車端衝撃力が100トンになるまで数段階の速度で突放連結して、車端衝撃力、前後加速度、自動連結器の変位、心皿荷重の変動及び動的応力を測定した。大物車の緩衝器は、油圧式と輪バネ式に取り替えた場合と別々に測定した結果、車端衝撃力100トンを与える打当速度は、輪バネ式の6.5km/hに対して油圧式は8.5km/hであって、所期の緩衝性能を発揮した。

台車上枠と枕枠間の心皿は、静的心皿荷重11トンに対して、100トンの衝撃力による減少量が4トンで、浮き上がりに対する安全性が確認された。打当時の動的応力は最大の点でも7.5kg/mm^{2}であった。

(3)　横圧・輪圧の測定

運転上の安全性と軌道に対する影響を確認するため、日本車輌・蕨工場構内に試験用に通常使っている試運転線から枝分かれした特別の線路を敷設した（図6.12参照)。それらには次の条件を持たせた。

A.　半径100m、カント50mmのS形曲線、B.　半径300m、カント115mmの単曲線、C.　半径600m、カント115mmの単曲線、 D.　8番分岐

図6.12　構内走行試験線における横圧試験[8]

空車及び240トン荷重積載のそれぞれの状態につき、上記A,B,D線路で横圧、輪圧を測定して脱線係数、軌道破壊限度を求めた。試験速度は曲線路で10、20、30、35km/h、分岐路で5～25km/hを5km/h毎に、それぞれ軌条側及び第1～4軸の車輪スポークに抵抗線歪ゲージを貼って、地上及び車上測定の両方を行った。更に東北線・蕨～小山間往復試運転の際（空車で65km/hまでの速度)、第1と第4軸につき同上の計測を行い、併せて構内、本線とも枕枠上で機械式加速度計により振動加速度を測定した。

線路Cでは後に述べる車体の傾斜、重心移動の試験を行った。構内試験の横圧最大値は空車時100m曲線で2.5トン、積車100m曲線で7トンであった。脱線係数最大値は空車・100m曲線で0.75、積車・100m曲線でもほぼ同じ値だった。本線試験線(蕨～小山間)における脱線係数最大値は0.68で、積車・空車とも脱線係数は0.8以下、本線上では0.7以下で、横圧値は軌道の対横圧強度の限界内に納まり、輪圧が極端に減少して車輪を浮き上がらせるような恐れはなかった。振動加速度も左右・上下とも極めて小さく、走行性能上の不安は認められなかった。

(4)　曲線路における重心移動

この大物車の最大の特徴である可偏側受支持方式（図6.15参照）の働きを確認するため、前項に記した線路Cに重心高さ2,300mm、240トンの荷重を積載した状態で停止させ、車体の横移動量、傾斜角、側受け隙間、軸バネ撓みを測定した。試験により国鉄の新規定となる最大カント105mmにおける変圧器の重量と重心高さとの関係は、重心移動量が転覆に対する安全限界の値である車輪踏面間隔の1/4以内にあることが判明した。

(5)　動的応力の測定

静的荷重試験のほかに走行中の応力を確認する目的で、台車枠を主に抵抗線歪ゲージにより構内の試験線路で240トン積時の、また本線走行試験の際に空車状態のそれぞれ動的応力を測定した。測定応力は速度との顕著な関係は認められず、100m毎の最大値の平均値が最も高かったのは5.5kg/mm^2 であった。

これらの試験は国鉄・鉄道技術研究所の指導・監督の下に実施された。その結果、この240トン積大物車に対して「本車両は走行性能上の不安な点は見出せない。積車時は臨時列車として運転速度は35km/h以下、駅構内は25km/h以下とし、空車時は普通貨物列車速度としてよいと認められる。重心高さ2,300mm、荷重240トンの変圧器を輸送するときに通過しうる最大カントは105mmである」との試験成績報告書を国鉄・鉄道技術研究所が発行し、私有貨車として国鉄への車

籍編入が承認された。[9]

6.5.2　大物車の形式と特徴

ここでは大物車にはどのような種類があるのか記述する。それは荷受梁の形状により次の 4 種類に分けられる。（図 6. 13 参照）
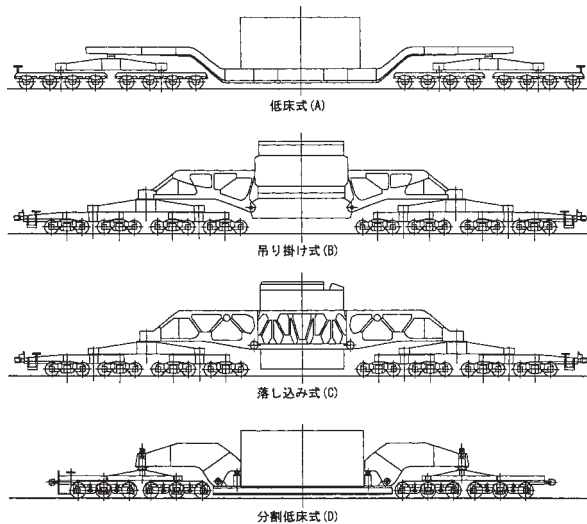
図 6.13　大物車の種類 [10]

A 形　低床梁式
B 型　吊り掛式　シュナーベルタイプ
C 型　落とし込み式
D 型　分割低床式

（1）A 型　低床梁式

A 型は荷物を積載する部分を低くした弓形の梁を載せた車で、古くからの大物車の基本形である。弓形梁は強度的に梁の上面が床面になるので、梁の厚さ分だけ荷物の高さを大きく取れない。また強度的にも梁の形状から剛性を十分にとることが困難である。そのため板厚の厚い材料を使わねばならず、軽量化の点では不利である。積荷の高さも制限されるが荷物の形状・強度・積み方は自由に選択できる利点がある。昭和 12（1937）年にシキ 110 形式 35 トン積が製作された。このタイプでの最大のものは昭和 34（1959）年に製作されたシキ 140 形式 135 トン積である。

（2）B 型　吊り掛式

B 型は図 6. 11 及び図 6. 14 に示すように､前後のシュナーベルにヒンジを介して荷物を吊り掛け挿入するので、荷物はその下部で、ヒンジでピン止めされるとともに、上端の圧着金具で、前後から締め付けられて拘束される。シュナーベルの桁高さを十分高く取れるので、小断面の部材を用いても断面 2 次モーメント（I）を大きくとれるから、軽量化が可能である。したがって大きな重量物の輸送に適しているが、反面、荷物自体が車体の一部となるので、荷物そのものの設計に強度・剛性を要求される。大型変圧器の輸送用に使用される。シキ 160 やシキ 600 形式がある。

図 6.14　シキ 160 形式　130 トン積吊り掛式大物車
（三岐鉄道・貨物鉄道博物館所有）

（3）C 型　落とし込み式

C 型は積荷を荷受梁の間に落とし込む姿で荷受梁に載せる構造の大物車である。荷受梁により積荷の幅は制限を受けるが、荷物自体の強度は B 形ほど要求されない利点がある。

昭和 12（1937）年に製作されたシキ 20 形式 50 トン積は神戸製鋼所所有の私有貨車で、潜水艦のディーゼルエンジンを輸送した。戦後では、昭和 26（1951）年に 100 トン積シキ 130 形式が製作された。

（4）D 型　分割低床式

D 形は低床梁を底枠と吊り掛け梁に分割した構造の新しいタイプの大物車である。従来の大物車の運転速度は積車時にはローリングが生じるため、45km/h に制限されていたが、車体のローリングを抑制する機構を採用することによって、積車時でも 65 ～ 75km/h 運転を可能にした高性能の大物車である。大物車としては中型であるが、底枠に積荷を載せたまま吊り掛け梁を分離して横取りが可能なため、電化区間など積荷を吊り上げる作業に支障する場所での荷卸が容易に行える。また､底枠と吊り掛け梁とはピン結合であるため、底枠を交換するだけで積荷の荷姿に適した床構造にすることが出来る。最初の分割低床式大物車は昭和 50（1975）年に、日本車輌が日本通運向けに製作した 55 トン積シキ 1000 形式である。更に翌年には落とし込み式兼用の 85 トン積シキ 850 形式が製作された。

6.5.3　大物車の設計

大物車の設計は貨車の中で最も複雑な難しいものである。車両総重量、重心高さが制限される中で、車両を軽くしてしかも重量物を積むため、強度面では厳しい設計が要求される。次に大物車設計面での考慮すべ

き要点を述べる。

(1) 車両限界、偏奇及び軸重の制限・軽量化

独特の貨物を輸送する私有貨車のうち、設計・製作で最も工夫を要するのは100トンを超える大型変圧器を輸送する大物車である。

大型変圧器は高さ、長さ、幅が大きいため車両限界や積載限界に納まっていても、曲線上で内方への偏奇が大きく、建築限界に抵触する恐れがある。変圧器の幅をせばめると長さを伸ばさざるを得なくなり、そのため車両の心皿間距離が長くなり、偏奇は更に増えることになる。

線路の負担荷重は一般に軸重13～14トンに制限されているため、荷重が大きくなるにつれて必要な軸数が増し、車両全長が長くなり、心皿間距離は伸びる。軸数の増加に伴う車両重量増を軽減するために、3軸ボギーや4軸ボギーなどの多軸ボギー台車を採用する方法が取られるが、この場合、集中荷重による橋梁強度への影響や走行性能への影響を十分に考慮する必要がある。したがって、大荷重の大物車になるにつれて心皿間距離の増大を極力抑え、更に軽量化を図るため車体・台枠は高張力鋼を使用した全溶接構造に、更に、通常車輪直径が860mmの車輪を800mmにし、中空車軸を採用するなど様々な工夫と相反する条件を総合的に検討し、条件に適した構造・性能の大物車を設計する必要がある。

(2) 走行安定性と重心高さ

大物車は多くのボギーを連ね、その上に枕枠を重ね、最上部に荷受梁をのせているので、機関車からの引っ張り力の伝達が複雑で、心皿部での浮き上がり現象などが起きやすくなる。また、重心が高く、しかも心皿が多段に積み重なっているため、運転時にローリングが生じやすく、補助側受け隙間の設定にも注意が必要である。速度を上げると蛇行動が顕著になり、ローリングが加わって輪重変動と横圧が大きくなる。このため一部の高性能車（シキ1000、シキ850など）を除き大物車の最高運転速度は積車時で45km/h、空車時で 65km/hまたは 75km/hに制限されている。

一方、カントのついた曲線上で停止しても、転倒しないように重心高さは一般貨車と同様にレール面上1,800mm未満になるように積載貨物の重心高さを設定する。尚、速度45km/hの場合には曲線上での転覆限界等の検討をした上で、重心の高い貨物の輸送を可能とする場合がある。

(3) ブレーキ装置と緩衝装置

積空の車両重量差が極めて大きいため、差動ブレーキシリンダを使用し、ブレーキ力を切り替える積空ブレーキ方式のブレーキ装置を備えている。手動切替式または積空を台車の枕バネのたわみ量で検知する自動積空切替式のKSDまたはASD自動空気ブレーキ装置が多く使用されている。連結器に使われる緩衝器は緩衝容量の大きい油圧緩衝器が採用されている。

(4) 性能確認試験

特殊な設計の検証のために車体強度試験・走行試験による走行安定性の確認など通常の貨車よりも多くの性能確認試験が必要である。それらは150%荷重による垂直荷重試験、心皿の浮き上がりを調べるための打当て試験、軌道に対する影響をみる横圧試験、自重及び輪重の実測、振動測定などで、貨車の中でも最も多くの条件を克服して大物車が完成する。
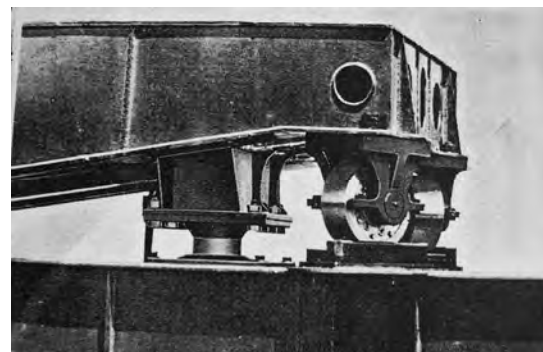
図6.15　可偏側受支持方式（心皿は単に回転するのみで荷重はローラーで支える）（旋回ローラーが長さ12m荷重240トン及びシュナーベル自重を支える）[11]

引用文献：

1. 「日車の車両史・創業から」鉄道資料保存会編集・平成8年発行　P34
2. 「私有貨車ハンドブック」大友邦彦・庄子哲郎　昭和45年発行第三出版　P13、櫨山茂「私有貨車」昭和31年発行鉄道日本社　P1
3. 「日車の車両史・創業から」鉄道資料保存会編集・平成8年発行　P67
4. 「高圧ガスタンク車取扱説明書」日本石油輸送株式会社編集・1969年発行　P37
5. 「保冷材のないLPガスタンク車に関する研究報告」LPガスタンク車調査実施委員会日本LPガスプラント協会機関誌Vol3.　No.2　1965
6. 「LNG便覧」日本LNG会議編集1967年発行　P266
7. 「LNG便覧」日本LNG会議編集1967年発行

P276
8. 「240 トン積大物車式・シキ 600」日本車輌・東京支店カタログ　1960　P12
9. 「240 トン積大物車式・シキ 600」日本車輌・東京支店カタログ　1960　P14
10. 「日本の貨車」日本鉄道車輌工業会編集・平成 20 年発行　P195
11. 「240 トン積大物車式・シキ 600」日本車輌・東京支店カタログ　1960　P6

7 貨車技術による国際貢献

貨車の技術系統化調査の最後に、貨車技術がベースになって海外への技術協力（現地組立て）や鉄道車両の国産化に至った国際貢献について述べる。

平成 19（2007）年 1 月 5 日、台湾新幹線が開業した。平成 3 ～ 5（1991 ～ 1993）年の韓国新幹線ではフランスに敗れたが、日本の車両メーカー、重電、信号メーカーは平成 12（2000）年 12 月 2 日台湾向け新幹線（軌道、信号などのほかに電車 360 両）を受注した。日本の鉄道車両メーカーは今や世界中の国々へ鉄道車両を輸出しているが、その大本をたどっていくと、多くの貨車輸出をテコに海外市場を開拓していったことが明らかである。ここでは昭和 30（1955）年代～ 50（1975）年代の貨車の輸出実績の中から、アフリカ市場開拓の嚆矢となったザンビア向け貨車とインドネシアでの貨車を初めとする鉄道車両国産化について述べる。

昭和 30（1955）年代後半から国鉄向け貨車や私有貨車で培った設計・製造技術を生かして、鉄道車両メーカーが海外市場へ一斉に動きだし、多くの貨車を海外へ送り出した。これには外貨獲得・輸出振興というわが国の政策が、大きなバックアップを果たしていたことも貨車輸出増大の要因であったといえる。最初は完成車輸出であったが、次第に相手国から現地材料の採用、労働力活用の見地から、現地組立てによるノックダウン輸出の要求を受け入れて、現地組立てを指導していった。そして昭和 50（1975）年代に入ると韓国やルーマニアなどとの低価格競争に敗れて、日本からの貨車単体での輸出は姿を消した。相手国の工業立国政策に乗り、鉄道車両の国産化技術協力に成功したのがインドネシアの例である。貨車技術があって海外市場を開拓することができ、やがてそれが客車や電車の輸出につながり、新幹線輸出の成功に結びついたのである。貨車技術系統化の最後の章として貨車輸出が果たした役割について述べる。

7.1 貨車輸出実績

戦後、多くの車両メーカーが鉄道車両の輸出に取り組んだ。昭和 30（1955）年からわが国と東南アジア各国との戦争賠償協定が逐次調印され、その対象とされた鉄道車両はわが国の戦後輸出の端緒を開いた。昭和 31（1956）年ビルマ、同年 5 月フィリピン、昭和 33（1958）年インドネシアなどとの賠償協定が逐次締結された。[1] この賠償による鉄道車両の輸出は昭和 39（1964）年で終わったが、各社はこの輸出により海外市場へ乗り出したのである。賠償による輸出車両には蒸気機関車、客車や貨車があった。貨車の輸出実績を振り返ると、下記の通り鉄道車両メーカー各社が、多くの海外市場を貨車を通じて開拓したことが理解できる。貨車の輸出は輸出振興政策により外貨獲得に大きく貢献したのである。貨車輸出全盛期といえる昭和 37（1962）年から昭和 55（1980）年までの鉄道車両メーカーの貨車輸出実績の概要は次の通りである。

表 7.1　車両メーカー別貨車輸出実績（1962 ～1980）[2]

車両メーカー名	輸出実績国数	貨車輸出両数
富士重工業	7 カ国	466
富士車輌	2 カ国	324
日立製作所	12 カ国	2,395
川崎車両	2 カ国	310
近畿車輛	5 カ国	413
汽車会社	6 カ国	299
三菱重工業	8 カ国	5,787
新潟鐵工所	1 カ国	19
日本車輛	10 カ国	2,795
東急車輛	6 カ国	374
若松車両	3 カ国	435
合計		16,322 両

7.1.1　アフリカ市場の開拓とザンビアへの貨車輸出

昭和 39（1964）年東京オリンピックの最終日に独立したアフリカの新興国ザンビア（旧北ローデシア）は、緊急にガソリンなどの燃料輸送をしなければならなくなった。従来ザンビアへの石油供給は、モザンビークのベイラ港から南ローデシア（現ジンバブエ）のウムタリまでパイプラインで原油を供給し、ここの製油所で精製したものを南ローデシア鉄道を通って、タンク車でザンビアへ送っていたが、当時南ローデシアをめぐる国際関係悪化に伴い、英国の同国に対する制裁措置の一環として、その前年、昭和 38（1963）年 12 月 17 日上記のパイプラインが遮断されたため、南ローデシアもこれに対する報復として、ザンビアへの精油供給をストップさせる強硬手段をとるにいたった。このため、ザンビアの石油事情は最悪の状態となり、英国政府も緊急対策として石油の空輸を開始したが、飛行機の輸送能力では賄いきれず、南ローデシアを通過

しないルートで鉄道輸送することになった。ザンビア政府はモザンビークのベイラで精製されたものを、タンク車３０両でザンビアのブランタイアまで鉄道で輸送し、同地から首都のルサカまでは鉄道がないのでタンクローリーで輸送する計画を立てた。

図 7.1　昭和 41 年（1966）ザンビア向け 8,000 ガロン・29.3 トン積石油タンク車（日除け付）

このような情勢から、商談に際しては納期が最も重要なポイントとなった。アフリカ地域への鉄道車両の輸出は初めてのことであり、タンク本体や台枠などには自信があったものの、ブレーキ装置（真空ブレーキ・21 インチ F 型）、連結器（アライアンス式）、台車（スナッバー式）などの新設計、そして寸法・重量はヤード・ポンド式で設計面でも、製造面でも不慣れなものであった。しかし、タンク車のメーカーとして、また、未だ輸出実績のないアフリカ市場を開拓するために、ザンビアが満足する価格・納期条件を提示した。それは従来の国内向けタンク車の納期の常識を破る短納期であった。図面承認後 70 日で 9 両、80 日で 21 両を船積するというのもであった。

このタンク車はザンビア政府に対する英国政府の経済援助資金を使用して調達されるので、図面承認も検査も英国政府の海外調達機関であるクラウン・エイジェントにより行われた。タンク車は容積 8,000 ガロン、荷重 29.3t、自重 44,800LBS。契約は昭和 40（1965）年 8 月、最初の船積は昭和 41（1966）年 3 月 24 日だった。（図 7.1 参照）

図7.2　昭和42年（1967）
ザンビア向け43トン積高側無蓋車

日本車輌はこのタンク車輸出の成功により、昭和41（1966）年 9 月には 43t 積高側無蓋車 800 両の大量受注に成功した（図 7.2 参照）。[3] 日本車両の実績に刺激されて三菱重工が東アフリカ鉄道市場を開拓した。その後、日立・富士車輌・川崎車両は日本車輌と連合を組んでザンビア向け貨車、コンゴ向け貨車を共同受注した。更に昭和 46（1971）年ザンビア向けに客車 86 両（日本車輌・日立連合）を受注するなど、一つの貨車の輸出が足がかりとなって大きな市場開拓の役割を果たした。[4] 貨車の基礎技術が生かされて、貨車の輸出がアフリカ市場開拓の先兵となったのである。

最初は完成車輸出であったが、やがて現地材料の採用、現地労働力の活用を考慮してノックダウン輸出に変わっていった。ナイジェリア向けに昭和 47 年（1972）6 月に船積された 34 トン積み有蓋車 200 両は台枠のみ完成品で、その上に乗る車体はすべて単体加工品として納入され、車体を構成する側板、妻板、屋根板にはナイジェリア特産の木材が使われた。組立てはナイジェリア国鉄ラゴス・アパパ工場で行われた。ノックダウン輸出では部品の寸法公差はもちろんのこと、各部品に貼り付ける部品番号札の記載ミスや取付けミス、梱包ミスなどが現地で大きな混乱を生じるので、完成車輸出にはないノウハウが必要だった。

7.2　インドネシア向け鉄道車両国産化協力・貨車、客車の国産化

7.2.1　鉄道車両国産化へのステップ

鉄道車両の国産化を計画・遂行するに当たっては、製造技術の蓄積による技術レベルの向上が必須の条件である。このため、一般的には SKD（Semi Knock Down）により国産化を開始し、技術の向上とともに、CKD（Complete Knock Down）から RM（Raw Material）へと移行し、技術移転を進め、相手国の国産化率を徐々に向上させることが確実な現地化への道である。この場合、製造工場の建設、製造設備、検査設備の導入も SKD、CKD、RM の各フェーズに合わせて徐々に建設・拡張することができるメリットがある。

相手国の既存技術レベルが高い場合は、SKD を省略し、CKD から国産化を開始することも可能である。

一般的な国産化計画の移行手順を示すと表 7.2 のごとくなる。フェーズ１を SKD 生産期間とし、その期間は１～２年、フェーズ２の CKD 生産期間も同様に１～２年とし、RM は３～５年目から生産開始することが推奨される。

表 7.2　フェーズ別の国産化水準

フェーズ		フェーズ１	フェーズ２	フェーズ３
国産化レベル		SKD	CKD	RM
製作手順	国産	最終組立	最終組立	最終組立
		構体組立	構体組立	構体組立
	調達	部材	部　材	部　材
		小組立品	小組立品	小組立品
		単品部品	単品部品	単品部品
		素材	素材	素　材

鉄道車両の国産化は、その計画自体が国家の産業政策の一翼を担う計画であるという観点から、車両用資材については最大限、国産品の使用を計画すべきである。この場合、国産品の使用は車両本体の国産化率の進度に合わせ、その使用率を上げていくのが一般的である。

7.2.2　インドネシアでの鉄道車両国産化

図 7.3　昭和 57 年（1982）インドネシア・貨車、客車製造工場

一つの貨車商談を契機に、工業立国を目指すインドネシアの産業政策に乗り、鉄道車両の国産化を成し遂げた事例を述べる。アフリカ市場を開拓し、アジア、豪州、ニュージーランド、南米など昭和 30（1955）年代から昭和 40（1965）年代末ごろまでの日本の貨車の輸出競争力は、インド、東欧、韓国、中国などに対して技術・品質面では圧倒的な強さを持っていた。しかし、昭和 50（1975）年代に入ると、国際的な価格競争力が次第に衰えて、貨車輸出は採算的に魅力を失いつつあった。その対策として現地産品の使用や円借款の活用などに注目し、鉄道車両メーカーは苦慮しながら付加価値を付ける輸出を模索していた。やがて日立製作所や三菱重工業、近畿車輛、東急車輛、富士重工業、新潟鉄工所などの大手メーカーは貨車ビジネスから撤退していった。

図 7.4　昭和 57 年（1982）インドネシア向けパーム油タンク車（サンプルカー）

昭和 54（1979）年 3 月、インドネシア国鉄は 25.2 トン積石炭車 150 両、30 トン積みパーム油タンク車 250 両、合計 400 両の入札を発表した。インドネシア中部に 100 年前に建てられた蒸気機関車の修理工場があった。既にインドネシアでも蒸気機関車はほとんど廃車されて、この工場は休業状態であった。そこで、ここを活用して鉄道車両の国産化を呼びかけた。「最早、輸入の時代ではない、技術育成、周辺産業育成、雇用増大のためにインドネシアの遊休施設を活用して、鉄道車両を国産化しよう」と鉄道車両国産化計画書を作り上げた。その中に貨車から始めて客車、ディーゼル車、電車に至るまでの将来計画を織り込んで運輸省・国鉄へ提案した。この提案が受け入れられ、先の 400 両貨車入札はキャンセルされ、日本輸出入銀行の融資協力を取り付けて国産化の契約が成立した。

（昭和 56（1981）年 5 月 20 日。契約者 : 住友商事・日本車輌）。

図 7.5　昭和　57 年（1982）インドネシア・貨車、客車製造工場

インドネシア側では国産化を推進するため、国営の鉄道車両製造会社（PT. INKA）を設立し、本社を東部ジャワのマディウン市においた。契約には貨車 400 両分の材料・部品のほか、工場設備一式、日本での技術研修、マディウンでの技術指導、製作図面、工作図、製作マ

ニュアル、試験検査マニュアルなどあらゆる技術資料の提供が技術移転に含まれた。

最初にインドネシアから28名の技術教育訓練生が来日した。これはまず、鉄道車両エンジニアを育成するために選抜された工学部出身の人達で、その後、板金、溶接、組立て、配管、検査など多くの技能者が研修のため来日した。一方、日本からも技師、技能士がマディウンへ指導に出かけた。

図7.6　昭和　57年（1982）インドネシア向石炭ホッパー車（サンプルカー）

契約から1年後の昭和57（1982）年3月にタンク車1両と石炭車1両がサンプルカーとしてノックダウン部品・治具や素材とともに船積された（図7.4はタンク車、図7.6は石炭車のサンプルカーを示す）。貨車400両国産化が軌道に乗った昭和57（1982）年8月に、今度は客車126両の国産化が契約された。[5]

蒸気機関車修理工場から鉄道車両製造工場に生まれ変わったPT. INKAマディウン工場（図7.3及び図7.5参照）は、その後、インドネシア国内ばかりでなく、平成元（1989）年にマレーシアへコンテナ車66両を皮切りに海外市場へも乗り出し、タイへ砂利運搬用ホッパー車90両、豪州へコンテナ貨車25両及び285両などを輸出できる実力をつけた。平成18（2006）年には、独自にバングラデシュへ客車50両を納入するまでに成長した。[6]

以上ザンビア向けタンク車輸出、インドネシア向け鉄道車両国産化を述べたが、これらは貨車の技術と海外への貨車輸出経験を基にして築いた国際貢献といえる。

引用文献：

1.　日本鉄道車両輸出組合編集「日本鉄道車輌輸出組合・50年小史」2003年5月　88頁
2.　（社）日本鉄道車輌工業会・貨車技術委員会「輸出貨車要目表」1969年7月、1970年11月、1974年3月、1980年
3.　「世界の鉄道」海外鉄道技術協力協会編集　2005年5月　（株）ぎょうせい　P327
4.　「Jane’s World Railway 2006.2007」 Jane’s Information Group Limited　P580
5.　日本鉄道車両輸出組合編集「日本鉄道車輌輸出組合・50年小史」2003年5月　156頁
6.　「Jane’s World Railway 2006.2007」 Jane’s Information Group Limited　P243

8 貨車の技術開発系統化と今後の課題・あとがき・謝辞

8.1 貨車の技術開発系統化

135年前にイギリスからの輸入で始まったわが国の貨車は、明治後半には国産化できるようになり、戦後の昭和30（1955）年代に入るとそれまでに築いた技術を基にして輸出できるまでに成長した。日本の賃金上昇・コストアップで輸出競争力が衰えると、今度は海外での貨車や客車の国産化に協力した。貨車の技術がベースになって海外市場が開拓され、それが鉄道車両輸出の基礎になって、今日では新幹線電車の輸出に結びつくまでに成長した。最初に貨車の技術があったから為しえた偉業である。

その貨車技術の本質は何であったかを追及していくと、それは車両限界・軸重・車両総重量・重心高さ制限などの設計条件の範囲内で、1トンでも多くの貨物を運ぶための荷重の増加、効率的な荷役に適した車両構造や安定した速度向上であり、そして何よりも優先されるのは走行安全性の確保であった。

大型化・速度向上・安全の確保、そして軽くて丈夫という相反する要求を達成するためには、車体の軽量化、連結器の強化、走り装置及びブレーキ装置の性能向上が求められる。例えば車両の大型化を見てみると、明治の初めには5トン積であったが、明治の終わりころには7トンから10トン積へ、更に大正の初めには15トン積を実現した。戦後は2ボギー車で30トン積から35トン積が一般的になった。現在では48トン積コンテナ車、45トン積タンク車まで設計・製造されている。

貨車の設計上の優劣はLoad to Tare weight ratio（荷重に対する自重の比）で決まる。そのためには強度を犠牲にせずに軽量化を図らねばならない。これは海外においても同じ尺度で評価される。安定した速度向上もブレーキ性能も評価対象になる。軸重・車両限界が制限される条件下で如何にして顧客の満足を得て、ライバルメーカーに勝つかそれが鉄道車両メーカー技術者の使命である。

車両の大きさ（車両限界）・軸重・重心高さなどが制限されている中で貨車を軽量化し、大型化・高速化することは輸送コストを引き下げる上で大きなメリットがある。例えば私有貨車であるタンク車を例に取れば、30トン積から35トン積へそして43トン積へと開発が進められた。タンク車の場合、経済上や性能上の評価尺度として価格/荷重、自重/荷重、車長/荷重がある。いずれの値も小さい方が良い。価格/荷重は言うまでもないが、荷重に比べ自重が軽く、車長も短いことはタンク車の返送運賃が安く、積込、荷卸の回数は減り、車両の留置線も短くて済むという利点がある。同じトン数を輸送するのに43トン車では従来車に比べて少ない両数ですみ、しかも一列車の正味輸送トン数は多い。たとえば1,000トン牽引で2.5両少なく、列車長もほぼ2.5両分短くなる。荷役時間も短縮され、地上設備関係の費用も節減できる。現在では45トン車が限界とも思われるが、タンク車は材料や設計技術、アイデア次第で今後も発達するであろう。

安全を優先した技術開発を進めながら、貨車は目立たないが産業・日常社会に必要不可欠な輸送手段として、自動車や内航海運との厳しい競争にもまれながら、生き残ってきた。高速コンテナ車、大型タンク車など現在活躍している貨車の設計には、その元になる鉄道基本技術と車両設計技術の長い間の積み重ねが生かされている。既に多くの貨車が廃車になってしまったが、それらの貨車を設計するに当たっては解決しなければならなかった困難な技術課題といくつもの鉄道車両基礎技術開発があった。それらを系統的に俯瞰（ふかん）するための付属資料として、その時代を代表する車種・形式を荷重・速度別に、そしてその貨車を実現するために乗り越えなければならなかった重要な車両技術を系統図に示した。

これらの開発系統図の中で、車種別に代表的な貨車を取り上げると、戦時中の昭和18（1943）年に設計されたトキ900形式・30トン積3軸無蓋車、昭和32（1957）年に試作され、その後20年間に2万6000両余り製作された総側開き戸のワム80000形式・15トン積有蓋車、わが国のコンテナリゼーションの発達の基本となった昭和46（1971）年に開発されたコキ50000形式・37トン積コンテナ車、昭和62（1987）年に開発された高速のコキ100形式・40.5トン積コンテナ車などがある。

私有貨車では昭和30年以降にライバルメーカーとの技術競争、価格競争の結果生まれたフレームレス大型石油タンク車、マイナス162℃のLNGタンク車、48個の車輪で支える240トン積大物車や鉄道車両業界が一丸となって開発したLPガスタンク車などがある。

また装置別では大正14（1925）年の自動連結器への一斉取替え、大正から昭和にかけての真空ブレーキ装置から自動空気ブレーキ装置への切替え、昭和28（1953）年の２軸車の65km/h から75km/hへの速度向上を果たした2段リンク開発、焼付け事故の多い平軸受けからコロ軸受への切り替え、昭和30（1955）年以降の各種新型台車開発、昭和40（1965）年代に入って多発した脱線事故対策と競合脱線の解明、そして平成に入ってからは、貨車で通勤電車並の速度を実現した110km/hの高速走行に対応した台車やブレーキ装置の開発などがある。

以上についてこの稿の末に

1 「貨車の技術開発系統図」

2 「貨車135年間の歴史・代表車両と車両技術開発」

3 「貨車登録候補一覧（実在保存・使用中の貨車9件）」

をまとめたので参照していただきたい。

8.2 今後の課題

現在のわが国の貨車総数は、平成20（2008）年3月末時点では、旧国鉄（現JR貨物）の貨車は27形式、8,900両、私有貨車は56形式、3,566両で40年前の一割にも満たない。かつては11社あった貨車メーカー（表7.1参照）は、現在では日本車輌と川崎重工の2社のみとなってしまった。需要が減って生産を中止し、撤退せざるを得なかったわけである。しかし、時代は巡って、今や鉄道による貨物輸送は二酸化炭素削減という環境問題から注目を集めている。1トンの貨物を1km輸送する際に排出される二酸化炭素は、トラックで153グラム、内航海運で38グラム、それが鉄道では21グラムで、鉄道はトラックの7分の１という低さである。鉄道は内航海運、トラックとの運賃価格競争においても、また二酸化炭素排出量においても、中距離・長距離輸送面では有利であり、今後も勝ち残っていくに違いない。現在のトヨタ列車（Toyota Long Pass Express 名古屋～盛岡110km/h）や、佐川急便列車（Super Cargo Train 東京～大阪130km/h）にその兆候が現れている。

20年前に国鉄が分割民営化されて、日本貨物鉄道株式会社（JR貨物）が発足し、新型の高速長大貨物輸送が実現した。JR貨物の貨車ばかりでなく私有貨車においても２種積の特殊貨車が開発された。それらを支えているのは延々と築かれ、受け継がれてきた貨車の設計・製造技術である。それが今、生き残ったメーカー２社の技術陣の肩にかかっている。

貨車はトラックや内航海運との競争にさらされ、その絶対量が飛躍的に伸びる市場ではないが、長大化した貨物列車の安定した高速走行技術や、貨車の大型化、新しい貨物に適合した車体設計など、貨車メーカーが背負わねばならない課題を解決するために、少ない貨車需要を相手に、貨車設計技術者の確保・育成がこれからの課題である。

物の輸送は人の輸送以上に、その時、その時の時代背景が赤裸々に投影されており、暮らしと産業を結ぶと表現されるように、国民生活そのものと言っても過言ではない。貨車はそれだけ重要な役割を担っているのである。

8.3 あとがき・謝辞

本稿の調査・研究では貨車の技術発達に焦点を当てて、貨車の歴史135年を時代の動きと貨車技術の進歩・発達を系統的に調べた。昭和44（1969）年度末には国鉄貨車、私有貨車合計で672形式、16万9,325両の貨車が実在した。それが今日では83形式12,466両に減ったが、貨車の構造・性能面では格段に向上しており、それが数量減を補って日本貨物鉄道の経営を支えている。貨車は長い間75km/hで運行されていたが、現在では通勤電車と同じ110km/hに向上している。更に、コンテナ電車130km/hも開発され、トラックから鉄道へのモーダルシフトの先兵となって東京～大阪間を6時間11分で結び、一編成16両で年間14,000トンの二酸化炭素を削減し、環境面でも貢献している。

貨車の両数は貨物ヤード廃止と直行輸送への切替えにより激減したが、高速コンテナ列車の開発により、また地球温暖化対策の追風も吹いて貨車はトラック、内航海運に負けずに生き残っている。これを支えてきたのが国鉄・JR貨物・車両メーカーの技術陣による長年にわたる基本的な鉄道車両技術の維持と、その時代毎に要求される新たな課題を解決しながら進められた新型貨車の設計、改良及び製造技術の開発と、それらの集積であったことを、貨車技術発達の系統化を通して理解していただければ幸いである。貨車は種類が多い。紙面の制約で冷蔵車、車運車、石炭車、ホッパ車、通風車などを取り上げることが出来なかった。

今回、「貨車の技術系統化調査報告」を纏めるに当り、鉄道建設から現在の高速コンテナ車開発まで数多くの文献を調べる機会を得たが、貨車が輸入に始まり、そして国産開始から戦後の高度経済成長を経た長い歴史の中で、「鉄道は経験工学である」といわれる堅実な

知識と経験の積み重ねを元に、先人たちの技術課題へのあくなき挑戦と技術開発によって各種の特殊な私有貨車や今日の高速貨車が出来上がっていることを再認識した。

先人たちはどんなことに重点を置いて貨車の技術開発に取り組んできたのか、貨車の技術発達を調査してあらためて理解できたことがある。それは貨車設計・製作における必須要件とは何かということである。それらを纏めると次のように集約できる。

(1) 安全の確保（脱線しない貨車・故障しにくい貨車）
(2) 高効率化（車体の軽量化・大型化・簡便な荷役に適した構造）
(3) 製作費の低減（軽量化・標準化・長い車両寿命）
(4) 運転速度の向上（２軸車の75km/h化・高速台車・ブレーキの開発110km/h化）
(5) 高信頼性・車両保守の容易性（メンテナンス作業の少ない貨車）
(6) 利便性の向上（各種積載貨物への適合性・物資別適合貨車・コンテナ輸送）
(7) 沿線環境との調和（防音・防振—コイルバネや防振ゴムの開発）

これらに加えて、筆者の設計面での多くの失敗から言えることは、貨車は製作両数が多いので、設計面では慎重かつ、綿密な重量計算・重心計算・強度計算・ブレーキ計算などとともに、製造・メンテナンスを考慮した車体・部品の構造設計、そしてそれらの計算結果に対する入念な確認作業が重要であるということである。一つの間違いがその形式の貨車全車両に及ぶからである。

この調査・研究を通じて文献・資料を教えていただいた方々、多くの資料を提供くださった日本貨物鉄道株式会社・貨物鉄道博物館・日本鉄道技術協会・鉄道博物館、日本車輌・川崎重工などの車両メーカーの貨車設計者OB、現役の貨車設計者、日本鉄道車両工業会・海外鉄道技術協力協会・日本鉄道車両輸出組合・日本石油輸送株式会社・碓氷峠交流記念財団・小樽市総合博物館の関係者に、そして最初に文献・資料提供とアドバイスを戴いた元日本貨物鉄道株式会社専務・岩沙克次、JR貨物の現場を案内してくださった日本貨物鉄道株式会社・広報部・野口真一、トキ900の復元設計者であり、その現車を案内してくださった東海旅客鉄道株式会社・車両部・河合順也、フレームレスタンク車やLNGタンク車の開発者であり、多くの資料・アドバイスを下さった元日本車輌・植松康忠、大物車やアルミタンク車、ホキ5700など貴重な貨車の保存に尽くされ情報を公開してくださった三岐鉄道株式会社・日比義也会長・加納俊彦取締役、歴史的に価値のある多くの写真を提供してくださった日本車輌鉄道同好部、日本車輌・鈴木英一、宮坂達也、東芝の研究所勤務の傍ら「私有貨車図鑑」を著した吉岡心平の各氏にこの場を借りて心より感謝申し上げる。

付属資料 1

貨車の技術開発系統図（主要な貨車と基本装置）

区分	明治	大正〜昭和	昭和20〜30 1945〜1954	昭和30〜39 1955〜1964	昭和40〜49 1965〜1974	昭和50〜59 1975〜1984	昭和60〜平成6 1985〜1994	平成7〜 1995〜
車体材料	☆木製車体	☆ 鋼製車体		☆プレス鋼板 ☆耐候性鋼板				
有蓋車	☆5t輸入貨車	☆15t積有蓋車		☆15t積側総開き戸有蓋車	☆30t積側総開き戸高速有蓋車			
無蓋車	☆5t輸入貨車	☆30t積3軸無蓋車			☆17t積無蓋車	☆36t積無蓋車 ☆42t積鋼板コイル輸送車		
コンテナ車				☆32t積長物車	☆37t積コンテナ車		☆40.5t積コンテナ車	☆48t積コンテナ車
タンク車	☆6t積石油タンク車		☆15t積ガソリンタンク車 ☆30t積ガソリンタンク車	☆35t積フレームレスタンク車	☆43t積ガソリンタンク車			☆45t積ガソリンタンク車
高圧ガスタンク車		☆10t積液化アンモニアタンク車	☆15t積液化塩素タンク車	☆15t積LPガスタンク車	☆25t積LPガスタンク車	☆16t積LNGタンク車		
大物車			☆80t積低床式	☆130t積吊掛式 ☆240t積吊掛式		☆85t積分割低床式		
走り装置 2軸車	☆2軸車 シュー式・リンク式 65km/h		☆2軸車 2段リンク式 75km/h					
台車 （高速化）	☆菱形台車TR20 65km/h		☆スリーピース台車TR41C 75km/h	☆オイルダンパ付台車TR41D 75km/h	☆コイルバネ式中速台車TR63〜TR216 85km/h ☆空気バネ式高速台車TR203 100km/h		☆コイルバネ式高速台車FT1 空気バネ式高速台車	☆FT130 130km/h （コンテナ電車用）
ブレーキ （高速化）	☆真空ブレーキ	☆自動空気ブレーキ		☆積空切換付ブレーキ	☆CLE電磁空気ブレーキ（応荷重切換） KSDブレーキ（シリンダ圧力2段階切換）			☆ユニットブレーキ
連結器	☆ネジ・リンク式	☆自動連結器	☆横コッタ式自動連結器		☆ピン付縦枠式自動連結器			

付属資料 2

貨車135年の歴史・代表車両と車両技術

時代区分	明治時代ー1 鉄道創業時代 明治5ー25年 1872ー1892	明治時代ー2 鉄道伸張時代 明治26-40年 1893ー1907	明治時代ー3 鉄道院時代 明治41ー大正8年 1908ー1919	大正時代 鉄道省興隆期 大正9ー昭和12 1920-1937
鉄道経営	明2(1869) 鉄道建設開始	明26(1893) アプト式鉄道開業	明40(1907) 南満州鉄道開業	大9 (1920) 鉄道省へ昇格
	明5(1872) 官営鉄道開業		明41(1908) 鉄道院設置	大14 (1925) 大宮操車場完成
	貨車75両輸入	官営鉄道拡大	明44(1911) 車両称号規定制定	大15 (1926) 青森操車場完成
	明16(1883) 日本鉄道開業	民営鉄道拡大	大4 (1915) 最初のハンプ式操車	昭3 (1928) ムラサキ制定
	明21(1888) 山陽鉄道開業		場 (田端操車場)	昭6 (1931) 清水トンネル開通
	明22(1889) 九州鉄道開業	明40(1907) 鉄道17社国有化完了		昭9 (1934) 丹那トンネル完成
	北海道鉄道開業			
	東海道線全通			
	明24(1891 鉄道庁設置			
代表車両	明5(1872) 客車・貨車75両輸入	5t積から7t積貨車増加	大2(1913) フワ30000制動手付	大12(1923) 50t積大物車
	5t積有蓋車	5〜10t石炭車 (無蓋車) の増加	12t積有蓋車	昭2 (1927) 17t積無蓋車
	5t積無蓋車	3t積馬輸送車	大3(1914) 20t積3軸タンク車	昭5(1930) 12t積冷蔵車
	5t積砂利運送車	5t積牛輸送車	ア27320完成 (私有貨車)	10t積活魚車
	2t積緩急車		大4(1915) 15t積有蓋車	昭8(1933) 35t積長物車
	7t積家畜車		ワム23000完成	昭11(1936) デコイチ誕生
車両技術	明19(1886) 真空ブレーキ導入	明29(1896) 貨車・客車の国産化	明42(1909) 増トン工事	大14 (1925) 自動連結器へ取替
		が本格化する	10t積に統一	昭5 (1930) 自動空気ブレーキ
		明33(1900) 私有貨車(石油) 開始	明41(1908) 鮮魚輸送本格化	への切替により
		明33(1900) 真空ブレーキを貨車	大6 (1917) 台湾バナナを	65km/hに速度向上
		へ取付開始	通風車で輸送	
車両会社	明23(1890) 梅鉢鉄工所創業	明29(1896) 日本車輌創業	大9(1920) 田中車両工場創業	
	(後に帝国車両となる)	汽車製造創業		
	明23(1890) 平岡工場創業	明39(1906) 川崎造船が車両へ		
	(明34(1901)に汽車会社が吸収)	進出		
貨車両数		官営鉄道保有貨車 20,227両	大10(1921) 52,492両	昭12 (1937) 75,292両
	民営鉄道保有貨車 2,236両	民営鉄道保有貨車 16,098両		
社会・世相	幕末・明治維新	明27(1894) 日清戦争始まる	大3 (1914) 第1次世界大戦勃発	大12 (1923) 関東大震災
	文明開化の象徴・鉄道建設	明27(1894) 台湾領有	大8 (1919) 第一次世界大戦終結	昭4 (1929) 世界恐慌始まる
	明10 (1877) 西南戦争・軍事	明37(1904) 日露戦争始まる		昭6 (1931) 満州事変勃発
	のため臨時列車			昭12 (1937) 日中戦争
	殖産興業・国威発揚			

付属資料 2
貨車135年の歴史・代表車両と車両技術

時代区分	昭和時代ー1 戦中・戦後時代	昭和時代ー2 国鉄復興時代	昭和時代ー3 高度成長時代	昭和時代ー4 輸送変革時代	平成時代 JR貨物時代
	昭和13－23年 1938-1948年	昭和24－31年 1949－1956	昭和32ー42年 1957－1967	昭和43ー61年 1968－1986	昭和62－平成20年 1987－2008
鉄道経営	昭17(1942) 関門トンネル開通	昭24(1949) 国鉄発足	昭37(1962) 三河島事故	昭43(1968) 郡山自動操車場	昭62(1987) 国鉄115年に幕
	昭20(1945) 運輸省設置	7月下山事件	昭38(1963) 鶴見事故	競合脱線防止対策	昭62(1987) 日本貨物鉄道発足
	8・15休まず輸送	7月三鷹無人電車暴走事件	昭39(1964) 新幹線開業	昭47(1972) 鉄道開業100周年	
	米軍鉄道司令部設置		昭39(1964) 国鉄赤字に転落	昭48(1973) 東京貨物	
	貨車9,557両焼失	昭31(1956) 東海道線電化	昭41(1966) ATS-S型使用開始	ターミナル駅開業	
	連合軍貨物の輸送		昭42(1967) 狩勝実験線	昭501975) 最後の貨物SL運転	
			脱線研究実験	昭59(1984) ヤード系輸送全廃	
			昭42(1967) 新宿駅でタンク車炎上	昭61(1986)貨物列車完全1人乗務	
代表車両				汐留駅廃止	
	昭13(1938) トラ4000完成17ｔ積	昭24(1949) ワキ1000完成	昭32(1957) ワム80000試作		昭62(1987) コキ100 40.5t積
	昭15(1940) シキ100・60t積	昭30(1955) トラ30000完成	昭35(1960) 240ｔ大物車	昭43(1968) 国際コンテナ開始	平5 (1993) タキ1000 45t積
	昭18(1943) 戦時設計トキ900	昭31(1956) ワム90000完成	昭37(1962) フレームレスタンク	昭43(1968) コキ1000 41t積	平9 (1997) コキ106 40.7t積
	昭21(1946) タキ3000・ガソリン		車完成タキ9900	昭44(1969) 64t積タンク車	平12(2000) コキ200 48t積
	昭22(1947) セキ3000石炭車		昭40(1965) ワキ10000高速車	昭46(1971) コキ50000量産	平18(2006) コキ107 40.7t積
	昭23(1948) 35t積無蓋車		昭40(1965) ホキ5700セメント車	昭48(1973) LNGタンク車	
			昭41(1966) 25ｔ積LPGタンク車	昭58(1983) 貨車国産化協力	
			昭41(1966) ク5000車運車		
			昭42(1967) タキ43000 43t積		
車両技術	昭13(1938) 木製に逆戻り	昭29(1954) 2段リンクバネ吊り	貨車の輸出（アフリカ、アジア）	昭43(1968)TR216台車開発85km/h	コンテナ列車の高速化推進
		装置開発75km/h化	昭35(1960) ワムハチ量産	昭46(1971)TR223台車開発95km/h	昭62(1987) FT1台車開発110km/h
			ASD・KSD積空ブレーキ開発	昭44(1969) 狩勝実験本格化	改良型CLEブレーキ110km/h
			昭39(1964) TR41D台車開発75km/h	昭46(1971) N踏面化工事完了	平12(2000) FT3台車開発110km/h
			昭40(1965) TR203台車開発100km/h	脱線防止ガード	平15(2003) コンテナ電車開発
車両会社	昭14 (1939) 田中車両工業		昭41(1966) 自動車専用輸送開始	昭43(1968) 東急車輛が帝国車	平18(2006) トヨタ列車運行開始
	昭20(1945) 近畿車輛誕生		昭41(1966) CLE 100km/hブレーキ	両を吸収	平14(2002) 新潟鐵工所閉鎖
	(田中車両を吸収)		昭42 (1967) TR211台車開発85km/h	昭47(1972) 川崎重工が汽車	平14(2002) 富士重工撤退
	昭21(1946) 東急車輛創業			会社を吸収	
貨車両数	昭20(1945) 118,297両	昭31 (1956) 108,953両		昭44 (1969) 169,325両(最大)	平20 (2008) 12,466両(最小)
	昭23(1948) 108,155両		昭42 (1967) 142,664両	昭61 (1986) 33,377両	
社会・世相	昭13(1938) ガソリン不足	昭24(1949) ドッジライン	岩戸・いざなぎ景気ー11年	昭46(1971) ドルショック	昭63(1988) 瀬戸大橋完成
	昭14(1939) ドイツ軍ポーランド	昭25(1950) 朝鮮戦争特需	昭39(1964) 東京オリンピック	昭48(1973) オイルショック-1	平4(1992) バブル景気崩壊
	へ侵攻			昭53(1978) 成田空港開港	構造改革
	昭16(1941) 太平洋戦争始まる	経済復興		昭54(1979) オイルショック-2	平7 (1995) 阪神・淡路大震災
	昭20(1945) 太平洋戦争終結			昭60(1985) 国鉄分割答申	平16(2004) 新潟県中越地震
	昭22(1947) 日本国憲法施工				平19(2007) 新潟・中越沖地震

登録候補一覧

番号	名称	写真	資料形態	所在地	製作者	製作年	登録推薦理由
1	ト200形式10トン積無蓋車		実在車両	三岐鉄道 丹生川駅	日本車輌	1917	車輪・側ブレーキ・一段リンクなど大正時代の基礎装置が残されている貴重な存在である。ブレーキシリンダーはまだ取り付けていなかった時代物。
2	ワフ21000形式 2トン積緩急車		実在車両	三岐鉄道 丹生川駅	汽車製造	1934	初めての鋼製有蓋緩急車である。2トン積の小さな貨物室は混載に不向きな鮮魚や貴重品など小口貨物用に使われた。
3	トキ900形式 30トン積3軸無蓋車		実在車両	JR東海 浜松工場	新潟鉄工	1943	物不足の戦時に通常ならば2軸で15トン積を3軸にして30トン積を実現し、8,219両製作された。究極の設計が為された歴史的な貨車である。
4	シキ160形式 130トン積吊掛式大物車		実在車両	三岐鉄道 丹生川駅	日本車輌	1955	変圧器輸送用の吊り掛式で初の130トン積大物車である。変圧器をつりかけて一体の貨物となる荷受梁が乗った貨車は生き物のようだ。
5	ホキ5700形式 40トン積セメント輸送車		実在車両	三岐鉄道 丹生川駅	日本車輌	1965	それまでのタンク形式に対抗し、自重13.7トンという超軽量設計により40トン積をホッパータイプで実現し、536両製造された。
6	コキ50000形式 37トン積コンテナ車		実在車両	JR貨物・東京 ターミナル駅	川崎重工	1971	わが国のコンテナ時代を築いた代表的なコンテナ車で1971～1987年に3,418両製造された。ブレーキ装置は偏荷重機能をもった応荷重装置付である。
7	タキ43000形式 43トン積ガソリンタンク車		実在車両	日本石油輸送	日本車輌	1967	タンク車の常識を覆した35トン積みフレームレスタンク車の軸重を15トンにして、運用区間を限定し、わが国で初めて43トン積を実現したタンク車である。
8	コキ100形式 40.5トン積コンテナ車		実在車両	JR貨物	日本車輌	1988	わが国初の110km/hを実現した高速コンテナ車。台車・ブレーキ装置も高速用である。
9	タキ1000形式 45トン積ガソリンタンク車		実在車両	日本石油輸送	日本車輌	1993	2軸ボギー車でわが国最大の荷重45トン積を実現した。95km/hの高速タンク車である。